GRAFCET hizkuntzaren arauaren argibideak

Egilea: Aitzol Ezeiza Ramos

Sistemen Ingeniaritza eta Automatika saila

Gipuzkoako Ingeniaritza Eskola

Euskal Herriko Unibertsitatea UPV/EHU

V2.0 bertsioaren data: 2023ko apirilaren 20a



Aurkibide orokorra

Irudien aurkibidea

1. GRAFCET hizkuntzari sarrera

GRAFCET automatizazio ereduak sortzeko hizkuntza bat da. Bada industria estandar bat, UNE EN 60848 (edo IEC 60848) araua definitzen duena. Horregatik, mundu guztiak jakin beharko luke grafcet diagrama bat nola marrazten den. Sistema automatiko bateratu eta ulergarri bat deskribatzeko metodo bat izatea abantaila handia da, eta, beraz, ohikoa da unibertsitatean ikastea. Antza denez, industrian ez da hainbeste erabiltzen, baina ziur aski hori AENORen eta gainerako normalizazio-erakundeen politiken ondorio izango da. Ingeniaritzan diharduten pertsona guztiek UNE EN 60848 estandarrerako sarbidea izango balute, erabilera zabalduagoa egongo litzateke.

(Paragrafo hau subjektiboa da eta egilearen iritzi amorratuari dagokio) Ezin da estandar metodologiko bat argitaratu eta irakurri nahi duen edonori astakeria ordainarazi. Benetan uste dute hori dela bidea? Beste estandar mota batzuk ez ditut eztabaidatzen, enpresa handiei irabaziak ematen dizkietelako, baina, benetan, EN 60848? Ingeniaritzako edozein ikasleren edo langileren gau-mahaian egon beharko luke. Internet, telekomunikazio modernoak eta informatika garaikidea estandar ireki eta publikoei esker garatu dira modu esponentzialean: nik hor uzten dut.

Iluntasun horren ondorioz, gainera, GRAFCETi buruzko edo GRAFCET erabiltzen duten ia apunte eta bibliografiako liburu guztiak EN 60848 estandarrari jarraitu gabe argitaratu dira (mea culpa, niri ere gertatu zait). Erreferentzia klasiko batzuek akatsak dituzte (Balcells eta Romeral, 2005, kasu) eta, ondorioz, estandarrerako sarbiderik ez duten irakasleek akatsak zabaldu dituzte (gure kasuan bezala, Camblong, Barroso eta Ezeiza, 2014).

GRAFCETarekin nahasteko beste arrazoi bat estandarra frantsesez eta ingelesez idatzita dagoela da. Ez dago frantsesez egoteari eragozpenik jartzerik, asmakizuna berea baita, baina itzulpena nahiko librea da, eta terminoak ere, euskarara edo gaztelaniara itzultzerakoan, zalantza iturri dira. Zer erabiltzen dugu itzulpen-oinarri gisa: “*réceptivité”* edo “*transition-condition*”? Zentzu horretan, aldaketa nabarmena gertatu da 2022ko maiatzean: UNE EN 60848:2022 argitaratu da, 2013ko arauaren gaztelaniako bertsioa. Horrek hirugarren bide bat eskaini digu itzulpenerako, baina argibideak ere eskaintzen dizkigu, itzulpena denboran hurbila delako eta hizkuntza ere guretzako hurbilagoa delako.

Beraz, galdera berrikusiko dut: zer erabiltzen dut itzulpen-oinarri gisa: “*réceptivité*” edo “*transition-condition*” edo “*condición de transición*”?

Amaitzeko, badugu nahasgarria izan daitekeen azken osagai bat. GRAFCET automatizaziorako diagramak (*Sequential Function Charts* ingelesezko itzulpenean) egiteko araua da, eta lotura estua du SFCarekin, EN-61131-3 estandarrean bere definizioa duena. Beste estandar horrek PLCen hizkuntzek nolakoak izan behar duten definitzen du, eta SFC programazio tresnak PLCen programak eta blokeak egituratzen laguntzen digu. Dokumentu ugarietan SFC eta GRAFCET nahastu egiten dira.

Dokumentu honetan, GRAFCETaren inguruan argi pixka bat ematen saiatuko gara, estandarra hitzez hitz irakurriz eta baita interpretatuz ere. Une honetan gaztelaniako estandarra norberak irakurri dezake, ikasle zein irakasle, baina aipatu dugun argitaratzeko ezintasunak ez digu baimentzen zuzenean estandarra itzultzen eta euskaraz argitaratzen, beraz, erdibideko zerbaitekin moldatu beharko dugu.

2. Zer dakigu GRAFCET arauari buruz?

Gutxi gorabehera mundu guztiak onartzen duena hau da: GRAFCET sistemen portaera modelatzen edo irudikatzen duten sekuentzia diagramak marrazteko hizkuntza dela. Bere funtzioa izango litzateke, adibidez, sistema automatikoki kontrolatu behar duen kontrolagailuaren programazioa erraztea eta, era berean, sistemaren funtzionamendua ulertzen laguntzea (adibidez, enpresako beste sail bateko norbaitek aztertu edo hobetu dezan).

GRAFCET arauari jarraituz marrazten diren diagramei grafcet diagramak esaten zaie (letra xehez). Badugu gure lehen gatazka iturria: noiz jarriko dut GRAFCET eta noiz grafcet? Erantzuna estandarrean dago: GRAFCET, hizkuntza edo araua; grafcet, diagrama.

UNE EN 60848 estandarrak grafcet diagrama zuzena zer den eta zer ez den esaten digu, baina gauza asko uzten ditu gure esku. Adibidez, grafcet bat izan genezake makina baten diseinuaren lehen urratsetan, orokortasunekin eta hitzez hitzeko azalpenekin, eta beste grafcet zehatzago bat kontrolatzailearen programa inplementatzeko edo mantentze-lanen egiaztapen elektrikoak egiteko. Estandarrak bi kasu horiek ahalbidetzen ditu, eta, araua alde batera utzita, oro har lehen mailako grafcetaz eta bigarren mailakoaz hitz egiten da. Batzuek maila gehiago definitzen dituzte (hiru ere oso tipikoa da), baina maila horiek ez dira arauaren parte.

Idatzi gabeko beste arau batzuekin antzerako zerbait gertatzen zaigu. Adibidez, grafcet batek bere hasierako etapara itzuli behar izatea orokortuta dago. Arau hori ez dago arauan jasota, baina ziurrenik GEMMA (*Guide d 'Étude des Modes de Marches et Arrêts*) gidaren lan egiteko moduari lotutako ohitura da. Hamaika adibidetan ez da beharrezkoa hasierako etapara itzultzea, eta guztiek bete dezakete estandarra eragozpenik gabe. Gainera, sistema baten portaera deskribatzeko baliagarriak izan daitezke, abiapuntua berezia izan daitekeelako. Horrelakoetan beti dago hasierako etapetara itzultzeko aukera, sistema berrabiaraztean edo grafcet hori beste grafcet batetik behartzen badugu.

Testu honetan, arauaren parte zer den eta arauaren parte zer ez den nabarmentzen saiatuko gara. Arauaren parte ez diren gauzak, askotan, gomendagarriak izango dira. Mailen kasua adibide ona da: oso ondo dago abstrakzio-mailak definitzea, gomendagarria da, baina arauan ez dago halakorik.

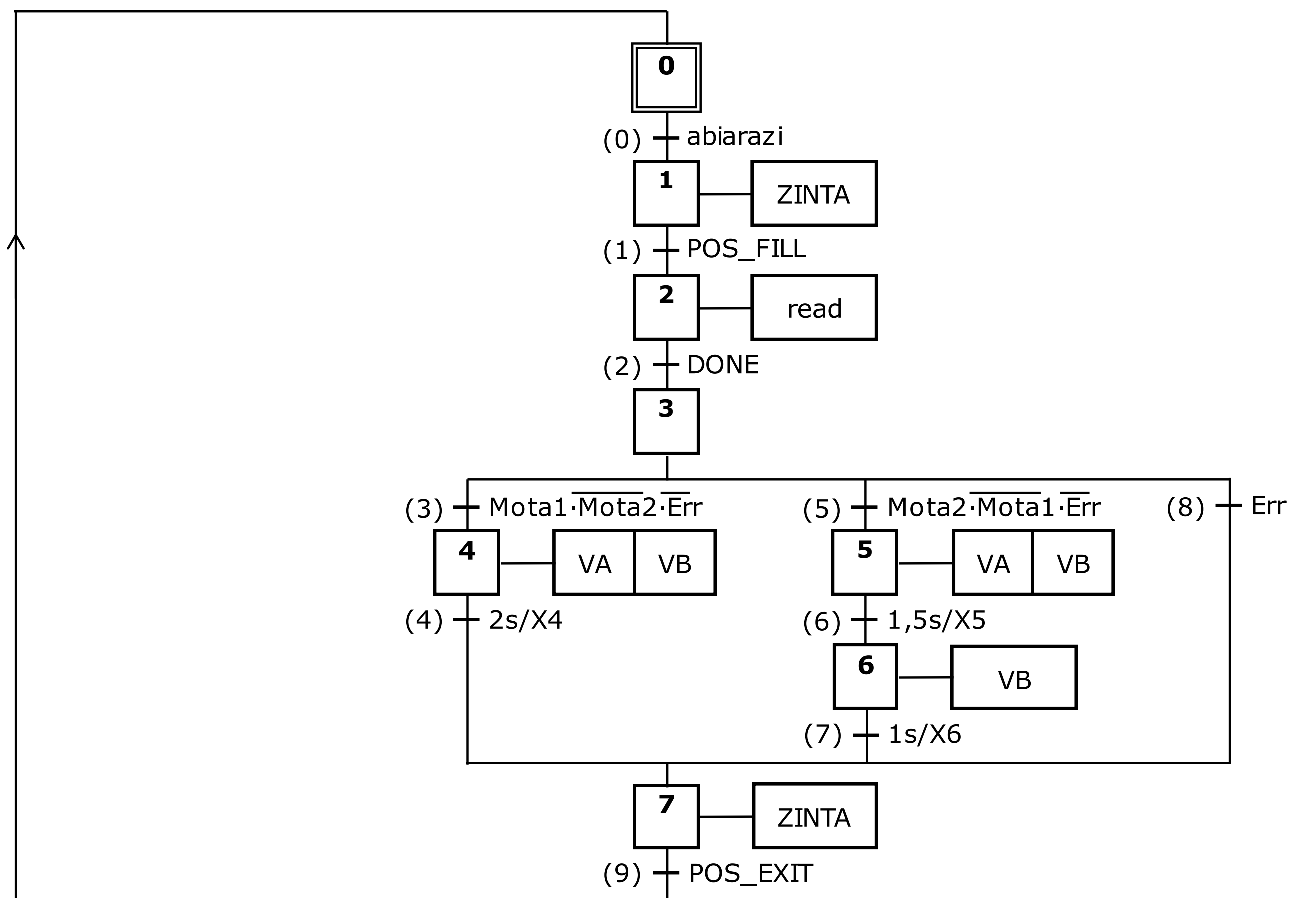
Eta arauan ere idatzirik ez dagoena sen ona eta jardunbide egokiak dira. Nik grafcet diagrama beldurgarri bat marraztu dezaket, UNE EN 60848 araua betetzen duena. Beste norbaitek irakurri eta interpretatu beharko duen zerbait diseinatzerakoan, garrantzitsua da posible eta arrazoizkoaren arteko oreka bilatzea. Zenbat eta irakurtzen errazagoa izan grafceta (pertsona aditu baten begietan edo ez-aditu baten begietan), orduan eta hobea izango da. Hau ez da arau bat eta ez dit eragozten teknika sofistikatuak erabiltzea, baina argi eta erraz egin badezaket, aukera hori erabili beharko nuke. Adibidez, urteetan zehar irakasleon artean inplementazioari buruzko eztabaidak izan ditugu eta, kasu batzuetan, eztabaida horiek kasu gatazkatsu arraroen ondorio baino ez dira. Kasu horietatik ihes egin beharko genuke COVIDarengandik baino azkarrago (lehen izurria esaten zen). Adibiderik argiena etapa bat aldi berean aktibatu eta desaktibatu ahal izateko aukera da. Ondo dago arauak egoera hori arauan aurreikustea eta guk inplementazioan kontuan hartu beharko genuke, baina hori bezalako egoera nahasiak guztiz saihestu beharko lirateke grafcet bat marrazterako orduan.

3. UNE EN 60848:2022 estandarrari sarrera

Estandarraren egungo bertsioa 2022ko maiatzekoa da, baina berez 2013ko bertsioaren gaztelaniako itzulpena besterik ez da. Aurreko bertsioarekiko aldaketak txikiak dira, baina azalpen batzuk hobetu egin dira.

Sarreran, lehen aipatu duguna esaten du, publiko objektiboa ingeniaritzako profesionala dela (diseinua, mantentze-lanak) eta sistema baten portaera zehazteko balio duela (sistema automatiko bat, segurtasun-osagai bat, etab.). Hizkuntza honek diseinu-ekipoen eta sistema automatikoen erabiltzaileen arteko komunikazio gisa ere balio beharko luke.

Gehiago zehazten hasten denean, sistemaren zati sekuentzialaz hitz egiten du, grafcet diagramaren bidez deskribatzen den zatiaz, alegia. Zati sekuentziala zati ez-sekuentzialekin osa daiteke, eta adibide gisa PID kontrolagailu bat jartzen du, sarrera jakin batzuen balioaren arabera funtzionatuko duena, baina aldagaiek baldintzatutako urratsez urratseko portaerarik ez duena. Sistemaren bi zatiak erlazionatuta egon daitezke: adibidez, ez dugu PID aktibatuko gure sekuentziaren etapa jakin batera iritsi arte. Helburua da sistemaren portaera dinamikoa deskribatu ahal izatea diagraman inplementazio-xehetasun txikienak erakutsi behar izan gabe.



1. Irudia: grafcet diagrama baten adibidea

4. Definizioen itzulpen taula[1]

Frantsesa	Ingelesa	Gaztelania	Euskara
Étape	Step	Etapa	Etapa
Transition	Transition	Transición	Trantsizioa
Liaison orientée	Directed link	Enlace directo	Garapen lerroa
Action	Action	Acción	Ekintza
Réceptivité	Transition-condition	Condición de transición	Trantsizio baldintza
Franchissement	Clearing	Disparo	Zeharkatzea
Transition validée	Transition enabled	Transición validada	Trantsizio gaituta
Étape Active / Inactive	Active / Inactive Step	Etapa Activa / Inactiva	Etapa Aktiboa / Ez-aktiboa
Action continue	Continuous action	Acción continua	Ekintza jarraitua
Action mémorisée	Stored action	Acción memorizada	Ekintza memorizatua
Variable d'étape	Step variable	Variable de etapa	Etaparen aldagaia
Duration d'étape	Step duration	Duración de la etapa	Etaparen iraupena
Étape initiale	Initial step	Etapa inicial	Hasierako etapa
Étape encapsulante	Enclosing step	Etapa de encapsulamiento	Kapsulatze etapa
Macro-étape	Macro-step	Macro-etapa	Makro-etapa
Repère de transition	Transition designation	Designación de transición	Trantsizio izendatzea
Repère de liaison	Linked label	Etiqueta vinculada	Estekatutako etiketa
Évolution fugace	Transient evolution	Evolución transitoria	Eboluzio iragankorra
Valeur booléenne d'un prédicat	Boolean value of a predicate	Valor booleano de un predicado	Predikatu baten balio boolearra
Condition d'assignation	Assignation condition	Condición de asignación	Esleipen baldintza
Affectation d'une valeur a une variable	Allocation of a value to a variable	Distribución de un valor a una variable	Aldagai baten balioaren esleipena
Action à l'activation / à la désactivation	Action on activation / deactivation	Acción sobre activación / desactivación / evento	Gertakari baten aktibazio / desaktibazioaren araberako ekintza
Étape / transition source	Source step / transition	Etapa / transición fuente	Iturburu etapa / trantsizioa
Étape / transition puits	Pit step / transition	Etapa / transición sumidero	Hustubide etapa / trantsizioa
Grafcet connexe	Connected grafcet chart	Grafcet conectado	Grafcet konektatua
Grafcet partiel		Grafcet parcial	Grafcet partziala
Situation d'un grafcet partiel	Situation of a partial grafcet	Situación de un grafcet parcial	Grafcet partzial baten egoera
Forçage	Forcing	Forzado	Behartzea
Encapsulation	Enclosure	Encapsulamiento	Kapsulazioa
Lien d'activation	Activation link	Enlace de activación	Aktibazio esteka
Expansion de la macro-étape	Expansion of the macro-step	Expansión de la macro-etapa	Makro-etaparen espantsioa
Étape d'entrée / de sortie (macro)	Entry step / Exit step (macro)	Etapa de entrada / salida (macro)	Sarrera / Irteera etapa (makro batean)

[1] Terminoen taula arauaren hiru bertsioetatik aterata dago zuzenean eta euskarazko zutabea eztabaidagarria da, gu (UPV/EHU) garelako arlo honetan euskarazko erabileraren erreferentzia bakarra.

5. GRAFCET arauaren oinarrizko elementuak

GRAFCET arauaren oinarrizko elementuak etapak eta trantsizioak dira. Termino horiek euskarara itzultzerakoan zalantza handirik gabe onartu dira. Egia esan, ingelesetik itzuliko bagenu, urratsez edo pausoez (*steps*) hitz egingo genuke, baina frantsesezko jatorrizkoa nagusitu da (*étapes*).

Etapa bat elementu grafikoa da, eta sistemaren zati sekuentzialaren egoera deskribatzeko erabiltzen dugu. Etapa asko izan ditzaket eta etapak aktibo edo ez-aktibo egon daitezke. Sistema martxan dagoenean, egoeraren arabera, etapa horretan “egon” behar da, edo ez da “egon” behar. Sistema bat irudikatzen dudanean, neure buruan sistema horren egoera egonkorrak identifikatu behar ditut eta, printzipioz, etapekin lotuko ditut.

Askotan, etapek ekintzak izaten dituzte. Esan nahi duena da, normalean, etapa batean nagoen bitartean zerbait zehatza egiten ari naizela. Etapa batzuetan ez dut ezer egiten, gertakizun baten zain nagoelako edo aurreko etapetan martxan utzi ditudan ekintzetan aldaketarik egiteko beharrik ez dudalako. Etapa batzuetan gauza sofistikatuagoak egiten ditut, hala nola aldagai baten balioaren baldintzapean dauden ekintzak, baina, oro har, etapetan ekintza bat edo gehiago egingo ditut etapan nagoen denbora-tarte osoan.

Etapak eta trantsizioak egongo direla esan dugu. Noiz igarotzen da etapa batetik bestera? Hori izango da trantsizioen funtzioa. Trantsizioek baldintza logiko bat dute lotuta (true edo false, semaforo gorria ala berdea). Baldintza betetzen bada eta aurreko etapa (edo etapak) aktibo badaude, hurrengo etapara (edo etapetara) egingo dut salto. Kitto! GRAFCETen oinarri garrantzitsuena zehaztuta dago. Sistema bat aztertzen dudanean, egoera egonkor batetik bestera noiz aldatu behar dudan identifikatu beharko dut eta horren adierazpen logikoa zehaztu.

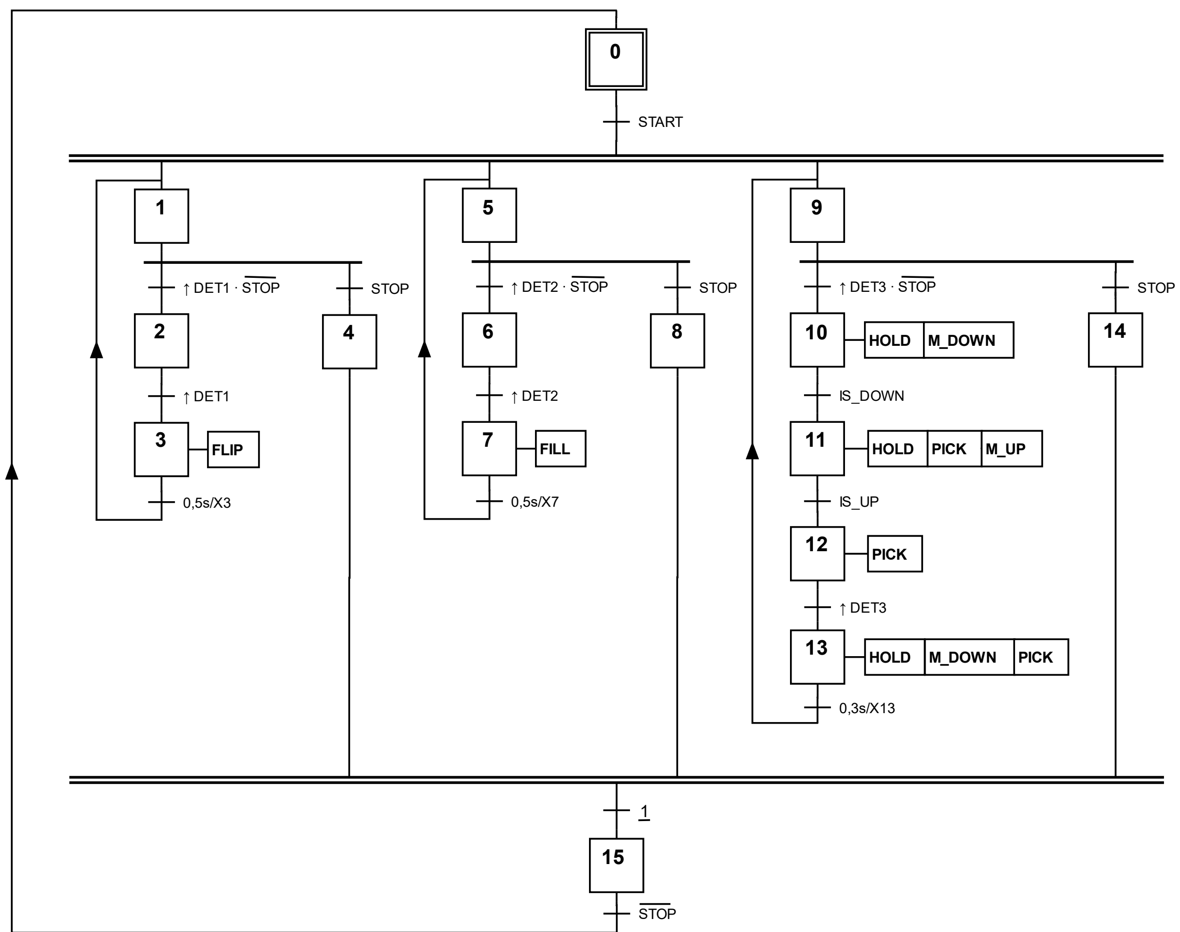
Grafcet diagramaren baldintzak zehazten dituzten adierazpen logikoak modu askotara adieraz daitezke, baina kasu guztietan aldagaiak erabiliko ditugu (hemen gutxi gorabehera bat gatoz terminoarekin). Ez gara hain ados jartzen trantsizio bati lotutako adierazpena izendatzeko moduarekin. Ingelesez, *transition-condition* da, eta frantsesez, *réceptivité*. Tradizionalki, “harmen” gisa itzuli izan da, baina badirudi trantsizio baldintza egokiago dela, gaztelaniako itzulpenean, eskura dugun modernoenean, bide hori jarraitu delako. Aipatu behar da ere, itzulpen lan honetan, azken joera euskarazko testuetan gidoiaren gehiegizko erabilera ez egitea dela eta,

Etapak garapen loturen bidez lotzen zaizkie trantsizioei. Lotura horiek bere arauak dituzten lerro zuzenak dira, aurrerago ikusiko dugunez, baina, funtsean, lotura-lerroak dira.

Oinarrizko osagai hauen inguruan bestelako elementuak agertzen zaizkigu, baina aipatutakoak dira garrantzitsuenak. Adierazpen grafikoaren atalean horiek guztiak aipatzen saiatuko gara. Adibide orokor gisa, grafcet diagramen edozein elementuren ondoan iruzkinak edo oharrak jarri ditzakegu, komatxo bikoitzen artean adierazita:

“Hau grafcet diagrama batean ohar bat da”

Bestelako elementu grafikoak horrelakoak izango dira: trantsizioen izendatzeak, grafcet partzialak bereizteko markoak, eta abar.



2. Irudia: beste grafcet diagrama baten adibidea

6. Grafcet diagramen elementuen adierazpen grafikoa

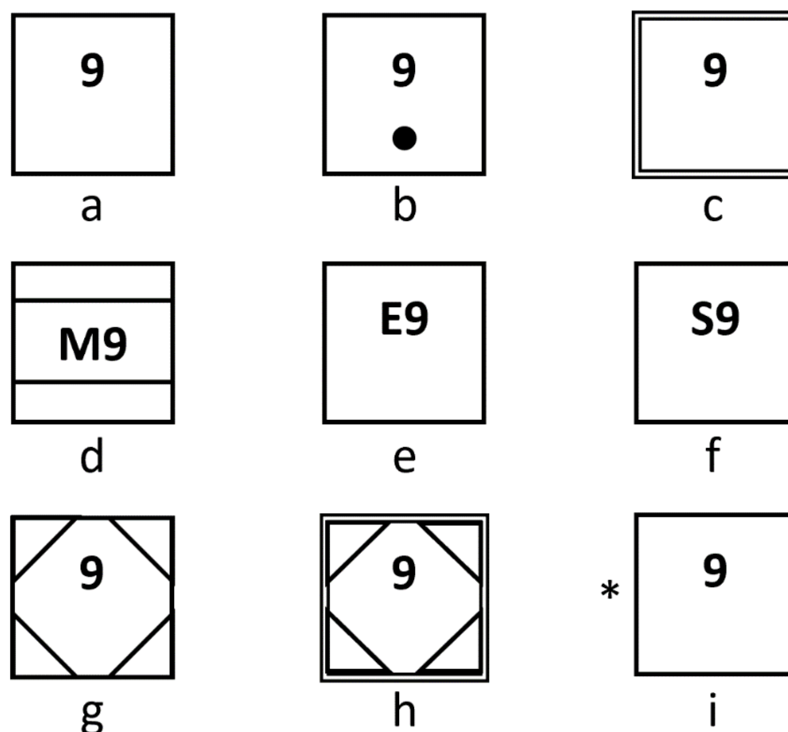
Oinarrizko arauak zehaztu ondoren, grafcet diagramak marraz ditzakegu. Marrazketa nola egiteko arauak ezagutu behar dugu. Oro har, GRAFCET oso hizkuntza malgua da eta bere arauek interpretazioak ahalbidetzen ditu. Horregatik, arauaren zati gisa ematen diren aukerako irizpideak ere badaude, baina horiek ez dira nahitaez bete behar. Beste behin, zerbait ez badago erabat zehaztuta, baina beti modu batera egiten bada, gomendioa modu hori erabiltzea izango da.

Etapak

Etapak laukizuzen batez marrazten dira. Laukizuzen horrek horizontalki zentratzen du izena, eta bertikalki goiko erdian kokatu behar da. Etapak karratuak izatea gomendatzen da, baina ez da nahitaezkoa. Etaparen izena edozein izan daiteke (alfanumeriko terminoa erabiltzen da), baina oso ohikoa da zenbakiak erabiltzea. Estandarrak une honetan esaten ez badu ere, komeni da, nahasmena saihestearren, aurrerago erabiliko diren M, E, S, G, X eta T hasieran duten izenak saihestea, bai etapetan, bai bestelako aldagaietan ere.

Puntu honetan aipatu behar da oso ohikoa dela etaparen zenbakia karratuaren erdi-erdian kokatzea. Hau ez da zuzena, baina egia da edizio tresna askok ez dutela errazten etiketa goiko erdian jartzea eta, ondorioz, gure adibideetako irudi asko (eta liburuetan agertzen diren asko ere bai) gaizki daude eta ez dute UNE EN 60848 araua betetzen.

Etapak adierazteko irudi ezberdinak daude, egoeraren arabera. Horiek denak 3. Irudian laburbilduta daude. Jarraian aldaera horiek azalduko ditugu.



3. Irudia: etapa mota ezberdinak

Etapa (a): Laukizuzena, gehienetan karratua eta izena goiko erdian duen elementua da. Bere sarbide puntua goian erdian du eta irteera puntua behean erdian. Ekintzak eskuineko aldetik, erditik, konektatzen zaizkio.

Etapa aktiboa (b): testuinguruaren arabera, batzuetan grafcet baten egoera (situation) azaldu behar da eta, horretarako, aktibo dauden etapak nolabait nabarmendu. Horretarako, estandarrak argi zehazten du puntu bat jarri behar dela karratuaren beheko erdian.

Hasierako etapa (c): marra bikoitzez inguratuta adierazi behar da. Hasierako etapak aktibo egongo dira hasierako egoeran (situation initiale).

Makro-etapa (d): grafcet diagramak antolatzen laguntzen duen etapa berezia da. Goian eta behean marra bikoitza duen etapa da. Makro-etapa bat aktibatzen denean, dagokion espantsio grafceta aktibatzen da. Makro-etapen izenak BETI M letra larriaz hasiko dira (M*). Kurioso da, etapa mota honetan etiketa erdi-erdian agertzen delako irudi guztietan.

Sarrera etapa (makro-etapa baten espantsioan) (e): makro-etapa bat aktibatzean aktibatuko den etapa berezia da. Iturburu etapa bat izango da eta bere izena E* izango da, * izanda makro-etaparen izena (M kenduta).

Irteera etapa (makro-etapa baten espantsioan) (f): makro-etapa bat desaktibatu ahal izateko aktibatu behar den etapa berezia da. Hustubide etapa bat izango da eta bere izena S* izango da, * izanda makro-etaparen izena (M kenduta).

Kapsulatze etapa (g): Aktibo dagoenean, beste hainbat grafcet partzial aktibatzen dituen etapa berezia da. Kapsulatze etapak marko bikoitza duenean, hasierako etapa da ere bai (h). Grafcet kapsulatuaren diagraman, “hasierako etaparen” funtzioa egiten duen etapa * sinboloarekin adierazten da (i) eta sinbolo horren izena “aktibazio esteka” da.

Etapen deskribapenarekin jarraituz, etapa guztiek barne-aldagai bat dute etaparen aktibotasuna adierazteko, etaparen izenaren aurretik X duena (adibidez, X0 0 etaparen aldagaia da). Aldagaia egiazkoa da etapa aktibo dagoen bitartean, eta faltsua aktibo ez dagoenean.

Etapak "Run" izena badu, aldagaia “XRun” da. Notazio honek ez du azpiindizerik onartzen, eta hori ere noizean behin erabiltzen dugunez, ekiditea gomendatzen dugu.

Etapa guztiek beste barne-aldagai bat dute, izenaren aurretik T duena, etapa horrek aktibo daraman denbora gordetzeko. Hori nahasgarri xamarra da OMRONen, T0, T1 eta abar denboragailuen adierazleentzat erreserbatutako izenak direlako. Horrek etapetarako zenbakiak erabiltzera eta etapa bakoitzean bere etapako denboragailua erabiltzera gonbidatzen gaitu. Baina orduan, zer egin etapa zehatzei hertsiki lotuta ez dauden denboragailuekin? Kontu pixka bat izan beharko dugu inplementazioan eta adibidez, T100etik gorako denboragailuak esleitu. Dena den, inplementazioa ez da dokumentu honen esparrua.

Makro-etapek eta bere etapa bereziek bere adierazlea dute ere bai (XM1, XE1, XS1). Grafcet partzialek bere izena G hasierarekin sortzen dute eta bere adierazlea XG* da. Kapsulazioen kasuan, X4/G1 da izendapena eta barneko etapak X5/X25 adierazten dira, beraz, saiatuko gara horrelako izenak ekiditen bestelako ataletan (sarrera/irteerako aldagaiak, etapen izenak, etab.).

Trantsizioak

Trantsizioak garapen lerroetan zeharkako marra batekin marrazten dira. Eskuinean trantsizio baldintza idatzi edo marraztuko da eta ezkerrean izendapena jar daiteke parentesi artean. Sinboloa horrela bada ere, esplizituki onartu egiten da lerro horizontalean ere marraztea eta, kasu horretan, baldintza azpian marraztu ohi da, baina goian jarrita daukan adibide bat ere agertzen da dokumentazioan.

Baldintzak nahi den adierazpena erabiliz idatzi daitezke, baina gomendioa elektrotekniakako notazio ohikoa erabiltzea da (· and, + or eta marra gainean ezeztatua adierazteko). Adierazpen grafikoak onartuak daude, baina diagrama asko zailtzen dutela esango nuke. Hizkuntza naturala ere onargarria da (1. Mailako grafcetetan ohikoa da), baina beti ere aldagaiak esplizituki adierazten badira. Kasu guztietan, trantsizio baldintza adierazpen boolearra izango da eta estandarrean espresuki aipatzen direnak beste aukeren aurretik erabiliko ditugu.

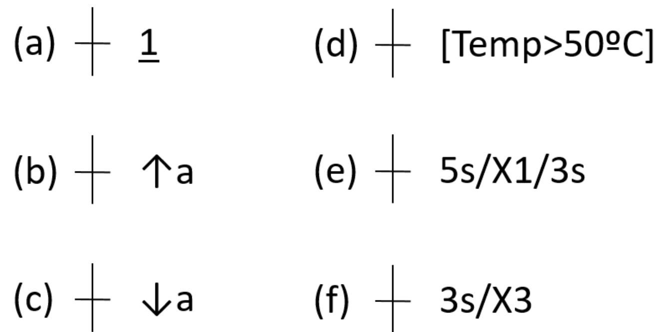
Arauan espresuki adierazten diren espresioak honakoak dira (ikus 4. Irudia):

(a) <u>1</u>: Beti egiazkoa den adierazpena. Askotan =1 erabiltzen da <u>1</u> sinboloaren ordez, ziurrenik IEC 60617-12 arauan oinarrituta. Berez, arau horretako 12-09-50 sinboloak “1” testua du, baina 12-27-09 sinboloarekin (=1) nahastu dela dirudi.
(b) ↑ : Goranzko gezia aurretik jartzea goranzko saihetsa adierazteko.
(c) ↓: Beheranzko gezia erabiltzea beheranzko saihetsa adierazteko.
(d) [Temp>50ºC]: Kortxeteak erabiltzea zenbakizko aldagaien predikatuetan. Gogoratu ere unitateak adierazi behar direla zenbakizko adierazpenetan.
(e) 5s/X1/3s: Denborazko baldintzak dagokion notazioarekin adieraztea.
(f) 3s/X3: Denboragailuaren notazio laburtua.

Trantsizioen ezaugarriekin jarraituz, izendapenak garrantzitsuak izan daitezke. Ez da derrigorrezkoa horiek erabiltzea, baina inplementazioari begira gomendatzen dugu erabiltzea eta, ahal bada, zenbakizkoak izatea (hau da, (0), (1), (2)…).

Gogoratu barne aldagaiak adierazpenetan erabil daitezkeela, beraz, X12·X23 moduko adierazpenak zuzenak dira eta [T12>2s] modukoak ere bai.

Azkenik, aipatu behar da denborazko baldintzetan 4s/*/2s *erdiko atal horretan edozein adierazpen boolear jar daitekeela. Gehienetan etapen adierazleak dira, baina bestelako aldagaiak ere izan daitezke (5s/a non a sarrerako bit bat den, adibidez).



4. Irudia: trantsizio mota ezberdinak

Ekintzak

Ekintzak azken osagai nagusiak dira. Ekintzak beti etapa jakin batera lotuta daude eta grafikoki etapen eskuinaldetik (bertikalki erditik) ateratzen den lotura-marra batekin lotzen dira etapa horretara. Laukizuzenak izatea gomendatzen da eta etapen altuera berdina izatea, zabalerari garrantzirik eman gabe. Ekintza bakoitzean indibidualki aldagai jakin bat bakarrik lantzen da (hau da, ez da zuzena aldagai ugari jartzea ekintza objektu bakarrean).



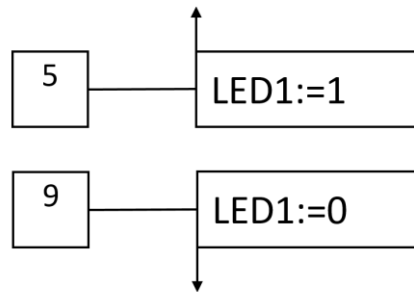
5. Irudia: Ekintza jarraitua

Ekintza bat baino gehiago jartzeko, laukizuzen bat baino gehiago jarriko dugu, goitik behera edo ezkerretik eskuinera. Aukera dago ekintzen lerroak sinplifikatzeko ere, laukizuzenak elkarren segidan jarriz.



6. Irudia: bi ekintza etapa bakarrean

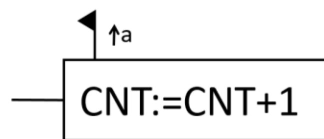
Ekintzak bi mota nagusitan bereizten dira: ekintza jarraituak, GRAFCET arauan hobetsiak direnak, eta ekintza memorizatuak. Ekintza jarraituen esanahi orokorra da ekintzan adierazitako irteera jakin hori aktibo mantenduko dugula etapa aktibo dagoen iraupenean. Ekintza memorizatuek, aldiz, etaparen hasieran ala amaieran modu instantaneoan aplikatuko den esleipen bat adierazten dute.



7. Irudia: ekintza memorizatuak

Kontuan hartu behar da ezin dugula aldagai berdina bi moduetara erabili grafcet diagrama berdinean. LED1 memorizatua bada, 7. Irudian bezala, ez dut erabiliko beste etapa batean modu jarraituan.

Ekintza memorizatuek badute hirugarren aldaera bat gutxietan erabiltzen dena: gertakarien araberako ekintzak. Kasu honetan, ez da etapa hasieran edo bukaeran egingo esleipena, baizik eta aldagai bat edo gehiagoren gertakaria gertatzean. Normalean, saihetsa erabiliko da horrelako adierazpenetan.



8. Irudia: gertakariaren araberako ekintza

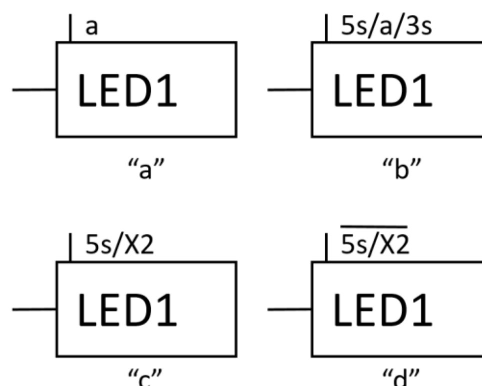
Ekintzekin amaitzeko, badaude ekintza jarraituen aldaerak ere bai. 8. Irudian laburbilduta daude arauak aurreikusten dituen lau aukerak:

"a": esleipen baldintza. Ekintza dagokion etapa aktiboa ETA adierazpeneko baldintza egiazkoa denean aktibatuko da. Inoiz ezin da erabili saihetsa horrelako baldintzetan.

"b": Denboraren mendeko esleipen baldintza. Ekintza denboraren mende dago, etapa aktiboa izateaz gain. Aldagai jakin baten aktibazioarekiko atzerapena eta aldagai hori desaktibatu eta gero mantenduko den iraupena zehaztu ditzakegu "t1/a/t2" formatua erabiliz. Adibide honetan, LED1 piztuko da etapa aktiboa badago eta a aktibatu eta 5s igaro eta gero. Horren ondoren, a desaktibatu eta 3s igarotzean itzaliko dugu LED1, nahiz eta etapa aktibo izaten jarraitu.

"c": ekintza atzeratua. Notazioaren aukera honekin, atzerapena soilik zehazten dugu, denboragailuaren notazio sinplifikatua erabiliz.

"d": ekintza tenporizatua. Logika ezeztatuarekin, etapa (edo bestelako aldagai bat) aktibatzen denetik irteera zenbat denbora piztuko dugun zehazten dugu.



9. Irudia: ekintza baldintzatuak

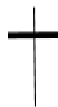
Bestelako osagai grafikoak

Etapek, trantsizioek eta ekintzek (bere aldaera eta osagai guztiekin) grafcet diagrama aberatsak egiteko ia nahikoak dira. Garapen lerroek ere garrantzia dute, baina arauaren aldetik sinpleak dira: elementuak elkartzen dituzte goitik behera. Beharrezkoa denean, behetik goranzko bideak ere egingo dituzte (horrelakotan geziarekin goranzkoak direla adieraziz) eta, zentzuzkoa denez, tarteka marra horizontalak beharko ditugu garapen lerro horiek lotzeko eta antolatzeko.

Garapen lerroen berezitasun bakarra litzateke trantsizioak beti marra perpendikularrarekin adierazten direla eta, behar izanez gero, "etzanda" marraztu ditzakegula marra horizontaletan (baldintza batzuetan gainean dago, beste batzuetan azpian).

Horretaz gain, arauak ez dio gehiegi garapen lerro hauetaz (ezin dira kurboak izan eta diagonalak oso-oso kasu justifikatuetarako soilik erabiliko dira). Ez dago debekatuta beheranzko lerroetan beheranzko gezia jartzea.

Lekurik gabe geratzen bagara, "estekatutako etiketa" izeneko notazioa erabil dezakegu (ikus 10. Irudia):



10. Irudia: estekatutako etiketa

Lerroekin amaitzeko, ez ahaztu etapek sarrera-puntu bakarra dutela eta irteera-puntu bakarra. Ez du balio nahi den tokian garapen lerroak itsasteak. Ekintzek ere, eskuineko aldea dute esleituta, puntu bakarrean. Beraz, etapak garbi mantendu behar dira.

Amaitzeko sinbolo eta arau grafikoekin, grafcet partzial multipleak eta kapsulazioen grafcetak adierazteko sinboloak ere badaude, baina hori 10. atalean azalduko dugu.

7. Sintaxia eta eboluzio arauak

Oinarrizko sintaxiaren 4.4 arauak dioenez, ezin dira ez bi etapa jarraitu, ez bi trantsizio jarraitu egon. Begi bistakoa dirudi, baina dibergentzietan eta goranzko itzuleren kasuan erraza da hanka sartzea.

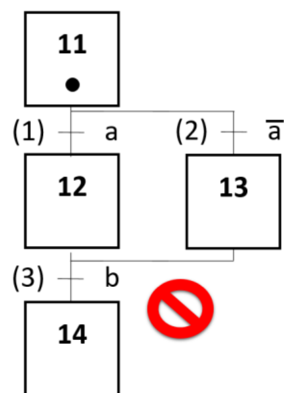
Jarraian, 4.5 atalean eboluzio arauak aipatzen dira eta sarrerako arau orokor bat dago (generalidades). Arau horrek dioena da une bakoitzean uneko egoerari erreparatu behar diogula (zein etapa dauden aktibo) eta bilakaera-arauak etapa horiei aplikatu behar dizkiegula (eta ez aktibo ez daudenei). Hori nahiko orokorra da eta ez du eragin handirik gainerako arauetan, baina diagramaren egonkortasunaren oinarria ezartzen du. Garatzaile bezala, etapa aktiboetan jarri behar dut arreta eta egoera hori ongi analizatu.

Segidan, atalez atal azaltzen doa, baina atal horietan nabarmenduta dauden bost arau daude:

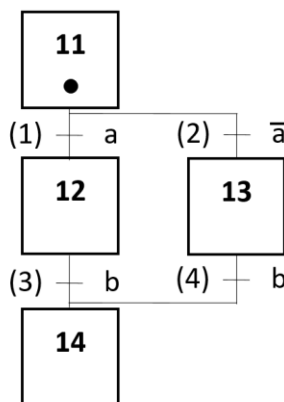
1. araua: hasierako egoera arauak dio hasierako egoera hasierako etapek definituko dutela. Horrekin esan nahi duena da grafcet diagrama deskribatzen duen sistema edo azpisistema hasten denean aktibo egongo diren etapak zehaztu behar dituela diseinatzaileak.

2. araua: trantsizioen zeharkatze arauak dio trantsizio bat gaituta dagoela aurreko etapa guztiak aktibo badaude. Trantsizioa gaituta badago eta trantsizio-baldintza egiazkoa bada, trantsizioaren zeharkatzea (*franchissement*, *clearing* eta *disparo* dira erabiltzen diren hitzak) gauzatuko da.

Arau honek badu ondorio bat batzuetan ikasleek ez dutena kontuan hartzen: trantsizioak ezin dira “berrerabili”. Trantsizio baldintza batek bi bide ezberdinetarako balio digunean, tentazio handia da trantsizio hori bi bide horietarako erabiltzea, irudian bakarra jarriz (ikus 11. Irudia). Hori egiten dugunean, ez dugu bigarren araua betetzen, trantsizioa ez delako inoiz gaituko, bere aurretik dauden etapa GUZTIAK ez direlako inoiz aldi berean aktibo egongo. Aukera zuzena 12. Irudian ikus daiteke.



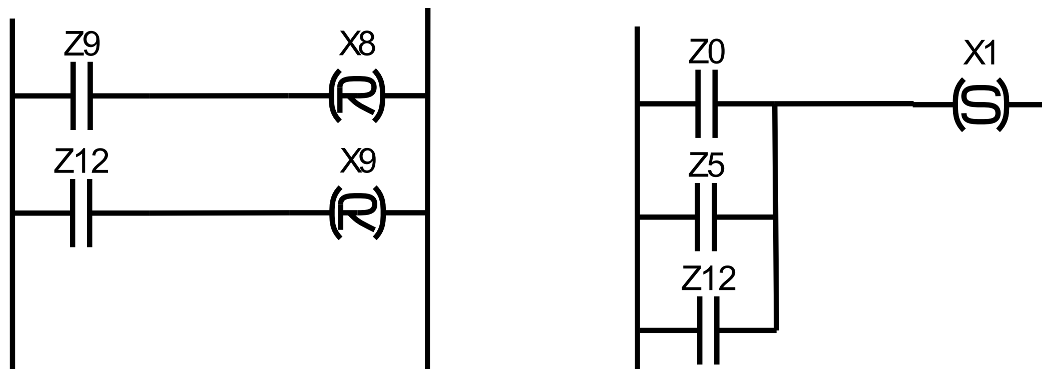
11. Irudia: Trantsizioa "berrerabiltzen"



12. Irudia: Trantsizioa berrerabili gabe

3. araua: Etapak eboluzionatzeko arauak dio trantsizio baten zeharkatzeak eragingo duela, aldi berean, hurrengo etapa guztiak aktibatzea eta aurreko guztiak desaktibatzea.

Inplementazioari begira, arauak esplizituki eskatzen du zeharkatzea erabiltzeko etapen aktibazioa eta desaktibazioa egikaritzeko. Ez du espezifikatzen nola inplementatu grafcet diagramak eta espresuki esaten du ez dela arau honen helburua, baina araua zorrotz hartzekotan, zeharkatzeen informazioa erabili beharko genuke bai aktibazioetan, bai desaktibazioetan.



13. Irudia: Zeharkatzeek eragin behar dituzte dagozkien etapen aktibazioa eta desaktibazioa.

4. araua: Aldi bereko trantsizioen arauak dio trantsizio zeharkagarri bat baino gehiago baldin badago egoera jakin batean, horiek guztiak zeharkatu beharko direla. Arau hau intuizioz erraza da aplikatzen etapa aktibo bat baino gehiago daukagunean (paraleloan), baina, aurrerago ikusiko dugun bezala, seriean interpretatzea konplexuagoa da (eboluzio iragankorra delakoa).

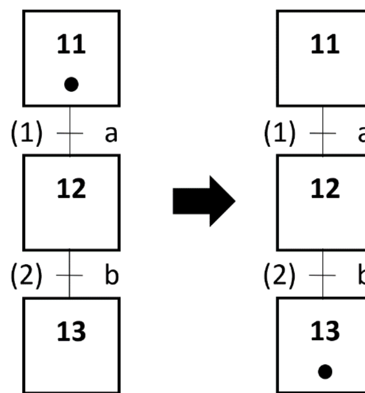
5. araua: etapa bat aldi berean aktibatzeko eta desaktibatzeko arauak dio, hori gertatzen bada, etapa aktibo mantendu beharko dela. Azken arau honek zenbait arazo dakarzkigu inplementazio batzuetan. Adibidez, biegonkorrekin (edo LDko Keep komandoekin) inplementatzen badugu, batzuetan arau hori ez da betetzen, Omronen CJ serieetan kasu. Omronen KEEP aginduak bi aktibazio lerroak aktibo dituenean irteera desaktibatzen du.

Hala eta guztiz ere, hasieran esan bezala, diseinu on bat egitea askoz hobe da, araua betetzen duen diseinu txar baten aurrean. Zalantzarik gabe, oso praktika txarra da grafcet diagrama bat diseinatzea, etapa batek une jakin batean aktibo edo ez-aktibo egon behar duen ez dakigun egoera posibletzat hartzen duena. Gure logikan posible bada X etapara beste nonbaitetik salto egitea eta, aldi berean, X desaktibatzeko beharra, birplanteatu egin beharko genuke grafcet horren diseinua, geure buruari galdetuz:

a) Ea ez al den hobe, etapa horretatik kanpora eta barrura "saltoka" ibili ordez, bertan jarraitzea irten gabe.
b) Ea ez den hobe "saltoa" kontrolatzeko erdibideko etapa bat txertatzea.
c) Ea ez al dudan grafceta gaizki diseinatu eta etapa inguru hori birplanteatu.

8. Eboluzio iragankorraren arazoa

GRAFCET arauak inplementazioa ikaragarri zailtzen duen aukera bat definitzen du, eboluzio iragankorra izenekoa (transient evolution ingelesez, évolution fugace frantsesez). GRAFCET araua hitzez hitz hartuko bagenu, zeharkatze bat gertatzen den aldi bakoitzean aktibatutako etapa berri guztien ondorengo zeharkatzeren bat aktibo al dagoen begiratu beharko genuke eta zeharkatze hori gauzatu egoera egonkor batera heldu arte, hau da, sistema osoaren zeharkatze guztien balioa faltsua izan arte. Estandarrean datorren adibidea oso polita da. 12. Irudiko grafikoan a eta b baldintzak egiazkoak direnean ziklo bakarrean 11 etapatik 13ra pasatu beharko litzateke, 12 etapa aktibatu gabe:

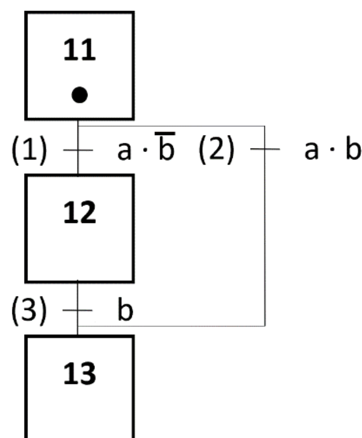


14. Irudia: eboluzio iragankorra

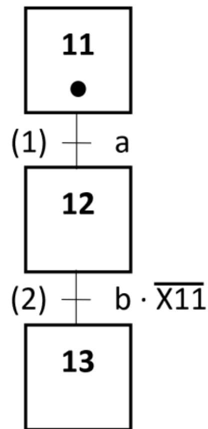
Baina adarkadurak agertzen badira, algoritmo zuzena oso-oso konplexua izango litzateke eta Ladder Diagramen bitartez egiteko konplexuegia. Zein da konponbidea? Estandarrean aipatzen den *naïve* modua jarraitzea, hau da, uneko egoerari soilik egiten diogu jaramon eta "fugace" hori hurrengo pausoan landuko dugu. Beste hitz batzuetan esanda, pausoz pauso. Hau da orain arte egin duguna, baina jabetu behar dugu ez dugula %100 estandarra betetzen.

Konplexutasun honi gehitu behar zaio 12 etapako ekintza jarraituak egingo ez badira ere, ekintza memorizaturik egonez gero, horiek egikaritu beharko liratekeela. Inplementatzeko zaila, ezta?

Berriz ere, eboluzio iragankorrak praktika onen kontrakoa dela esan daiteke beldurrik gabe. Etapa ezegonkorrak sortzen dira eta ezegonkortasun hori ez litzateke izan behar sistema baten dinamikaren portaeraren parte. Sistema baten portaera automatikoa diseinatzen ari bagara, gure pentsamendu-ildoan ez luke egon behar etapa ezegonkor baten ideia. Beste hitz batzuekin esanda, arauak sortzen digun arazo tekniko honek badu "moraleja" bat ere: horrelako zerbait kontrolatu nahi badugu, askoz hobe da esplizitua egitea grafcet diagraman. Eboluzio iragankor baten portaera ondo inplementatuko dela ziurtatu nahi badugu, hobe da esplizituko adarkadura bat gehitzea gure diagraman (ikus 14. Irudia). Bestalde, eboluzio iragankorra ekidin nahi badugu, hobe da esplizituki horrela adieraztea diagraman, adibidez, etaparen adierazleekin jolastuta (ikus 15. Irudia).



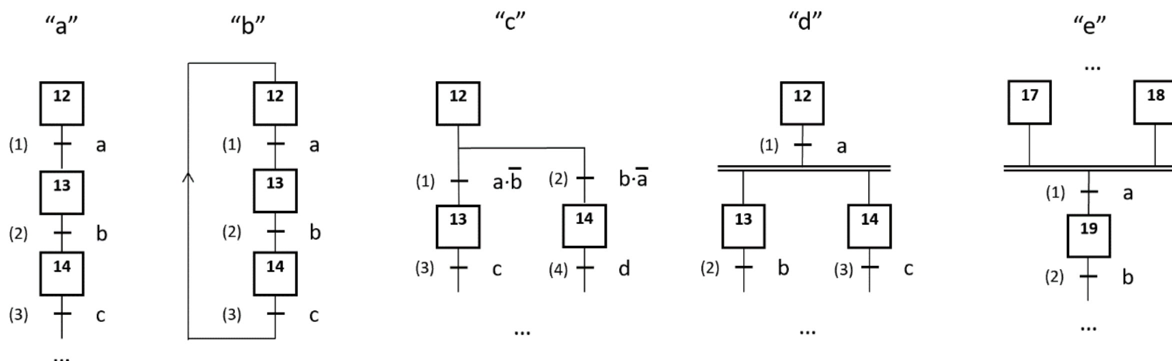
15. Irudia: eboluzio iragankorra esplizitu eginda



16. Irudia: eboluzio iragankorra ekidin egin dugu

9. Grafcet egiturak

Grafcet diagrametan etapatik trantsiziora eta trantsiziotik etapara jauzi egiteaz gain, egitura ezberdinak sor ditzakegu garapen lerroei esker. Estandarraren dokumentuan egitura mota ezberdinak aipatzen ditu, oinarrizko sekuentziatik abiatuta ezohikoagoak diren beste batzuetara arte. Horiek guztiak konbinatu daitezke eta diseinatzaileak buruan duen eredua gauzatzeko libre sentitu daiteke, aipatutako arauak betez gero, noski.



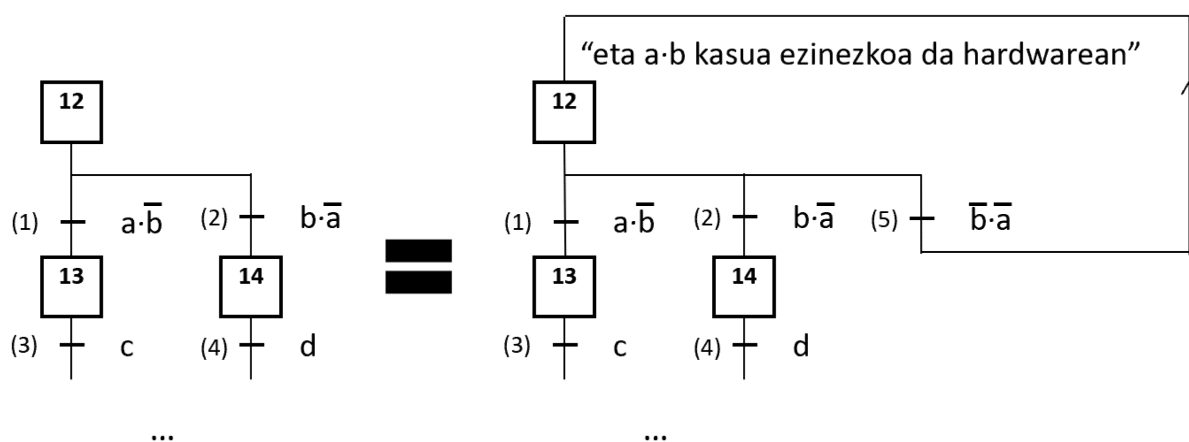
17. Irudia: oinarrizko sekuentzia motak

Estandarrak oinarrizko egitura batzuk definitzen ditu. Sekuentzia ("a") izena ematen die etapa-trantsizio segidei. Sekuentzia bakarreko zikloa ("b") hasierara bueltatzen den etapa-trantsizio segida izango litzateke. Sekuentzia aukeraketa ("c") izena ematen dio sekuentzia ezberdinen artean aukera esklusiboa egiteko erabiltzen den egiturari (betiko EDO dibergentzia). Azkenik, sekuentzia paraleloen aktibazioa ("d") eta sinkronizazioa ("e") izenak ematen die sekuentzia ezberdinak aldi berean egiteko egiturari (ETA egitura deitzen duguna).

Horretaz gain, bestelako aldaera batzuk ere aipatzen ditu, baina orokorrean EDO egituraren aldaerak besterik ez dira: etapa jauzia, sekuentzia barruko atzerako jauzia, iturburu etaparekin edo trantsizioarekin sekuentzia hastea eta hustubide etaparekin edo trantsizioarekin sekuentzia amaitzea. Horiek guztiak arauaren parte dira eta erabil ditzakegu. Orokorrean, konturatu gabe erabiltzen ditugu (jauziak eta iturburu etapak, adibidez, oso naturalak egiten zaizkigu, baina beste egitura batzuek berezitasunak dituzte eta adibide bitartez beraien erabilerak azalduko ditugu atal honetan.

Sekuentzia aukeraketa (EDO)

Oinarrizkoenetik hasita, sekuentzia aukeraketa (EDO) egiturekin bi faktore nagusi kontuan hartu behar dira. Batetik, arauak dio diseinatzaileak ziurtatu beharko duela hardware edo software bitartez adarkaduren aukerak esklusiboak izatea. 12. Irudian agertu zitzaigun bezala, logikaren bitartez ziurtatu dezakegu esklusibotasun hau ("a" eta "ez(a)" esklusiboak dira). 17. Irudian, "c" adibidean, esklusibotasunaren beste adibide bat dugu ("a eta ez(b)" eta "b eta ez(a)" dira aukerak). Adibide honetan kontuz ibili behar dugu: logikaren bi aukera ez ditugu kontuan hartu. Horrek ez du esan nahi gaizki dagoenik, dena den: hardware bidez ziurtatuta egon daiteke "a eta b" baldintza inoiz ez dela betetzen. Eta beste aukera, "ez(a) eta ez(b)", inplizituko tratatua egon daiteke, hau da, "ez(a) eta ez(b)" gertatzen denean, 12 etapan geratuko naiz, hori delako diseinuz egin dudan aukera (ikus 18. Irudia).

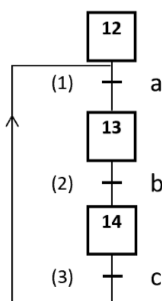


18. Irudia: sekuentzia aukeraketa esklusiboaren azalpena

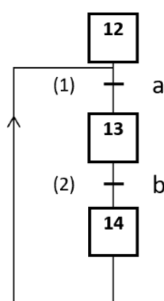
Beraz, sekuentzia aukeraketa baten aurrean modu batera edo bestera ziurtatu behar dut aukera bakarra (etapan jarraitzea barne) dagoela logika erabiliz edo hardware bitartez ziurtatuz (ezinezkoa bada "a eta b" kasua, ez da beharrezkoa aipatzea).

Aipatu dugu badagoela bigarren ezaugarri bat kontuan hartu behar dena, sekuentziak berriz elkartzen ditugunean (EDO konbergentzian) eta dagoeneko aipatu duguna 7. Atalean: ezin dugu "berrerabili" trantsizio bat bi sekuentzia elkartzeko orduan (ikus 11. Irudia). Kontuan izan hori gertatu daitekeela ere goranzko jauzietan (19. Irudia).

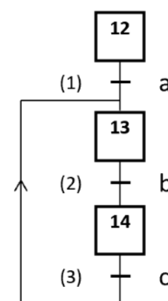
 "bi trantsizio segidan (4.4 araua)"



 "trantsizoa berrerabili da (2. araua)"



 "grafcet zuzena"

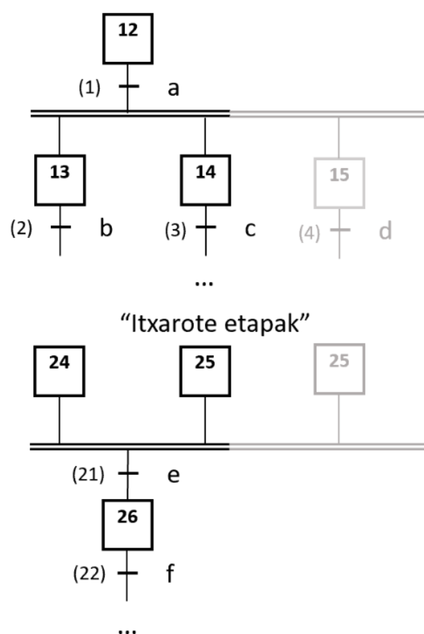


19. Irudia: EDO konbergentziak goranzko jauzietan

Sekuentzia paraleloak (ETA)

Sekuentzia paraleloen kasuan, garrantzitsuena da argi izatea sekuentzia aktibo kopurua handitzen ari garela eta, ia kasu guztietan, momentu jakin batean sekuentzia horiek guztiak elkartu beharko ditugula bakarrean. Konkurrentzia ongi kontrolatu behar den aukera da programazioan orokorrean, ekintza kontrajarriak aldi berean agintzen ez ditugula kontrolatu ahal izateko. Beraz, araua jarraitzeaz gain, sekuentzia paraleloak txukun kontrolatzeko gomendioa ere garrantzitsua da.

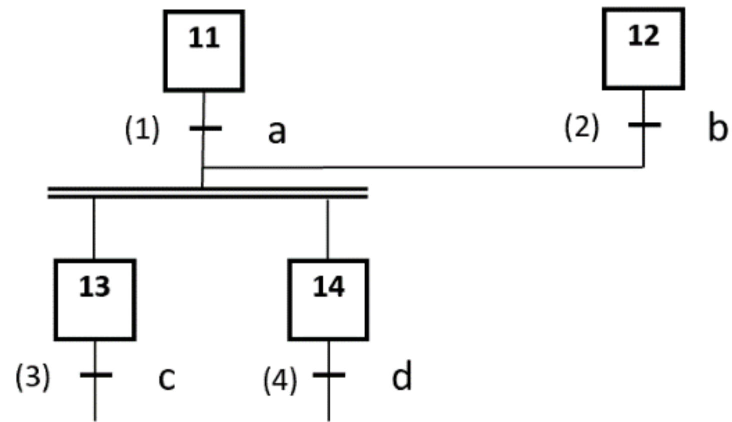
Sekuentzia paraleloen adibide gehienetan “itxarote etapak” deitzen diegun amaierako etapak izatea gomendagarria da. Egon daitezke kasu bereziak horiek beharrezkoak ez direnak, baina orokorrean abiapuntu ona da: n sekuentzia paralelo izango ditudala aurreikusi badut, n itxarote etapa izango dut eta, ondorioz, ETA dibergentziatik “zintzilik” dauden sekuentzia lerro kopurua eta konbergentzian ditudanak berdinak izango dira (ikus 20. Irudia).



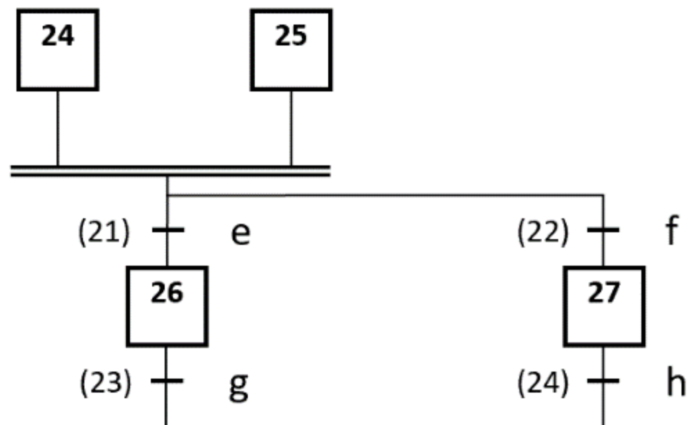
20. Irudia: ETA egitura itxarote etapekin

Amaitzeko, ETA egiturak badu berezitasun bat kontuan hartu behar dena: arauan agertzen den sinboloa (eta adibide guztietan agertzen dena) konbergentzia irteerako sekuentzia bakarrekoa da (eta dibergentziako sinboloa ere alderantziz hala izaten da, sarrerako sekuentzia bakarrekoa). Ez bada espresuki aipatzen ere, ulertzen da ezin dela zuzenean konbinatu EDO konbergentzia/dibergentziekin (ikus 21. Irudia). Gainera, egitura azaltzerakoan espresuki adierazten du nola egin daitekeen ETA egituratik irtetean bi sekuentzien artean aukeratu ahal izateko (EDO egitura bat izateko, alegia). Arauak eskaintzen duen konponbidea 22. Irudian ikus daiteke, baina 23. Irudian gomendatzen den aukera azaltzen da: erdibideko dummy etapak izatea diagrama errazteko.

Azpi atal hau borobiltzeko, aurrerago aipatuko dugu ETA egituraren ordez batzuetan grafcet partzial anitz erabiltzeko aukera ere kontuan hartuko dugula.

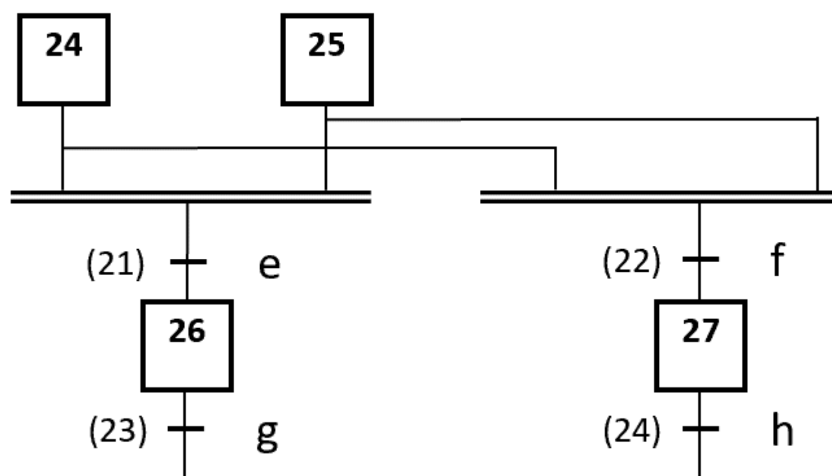


...



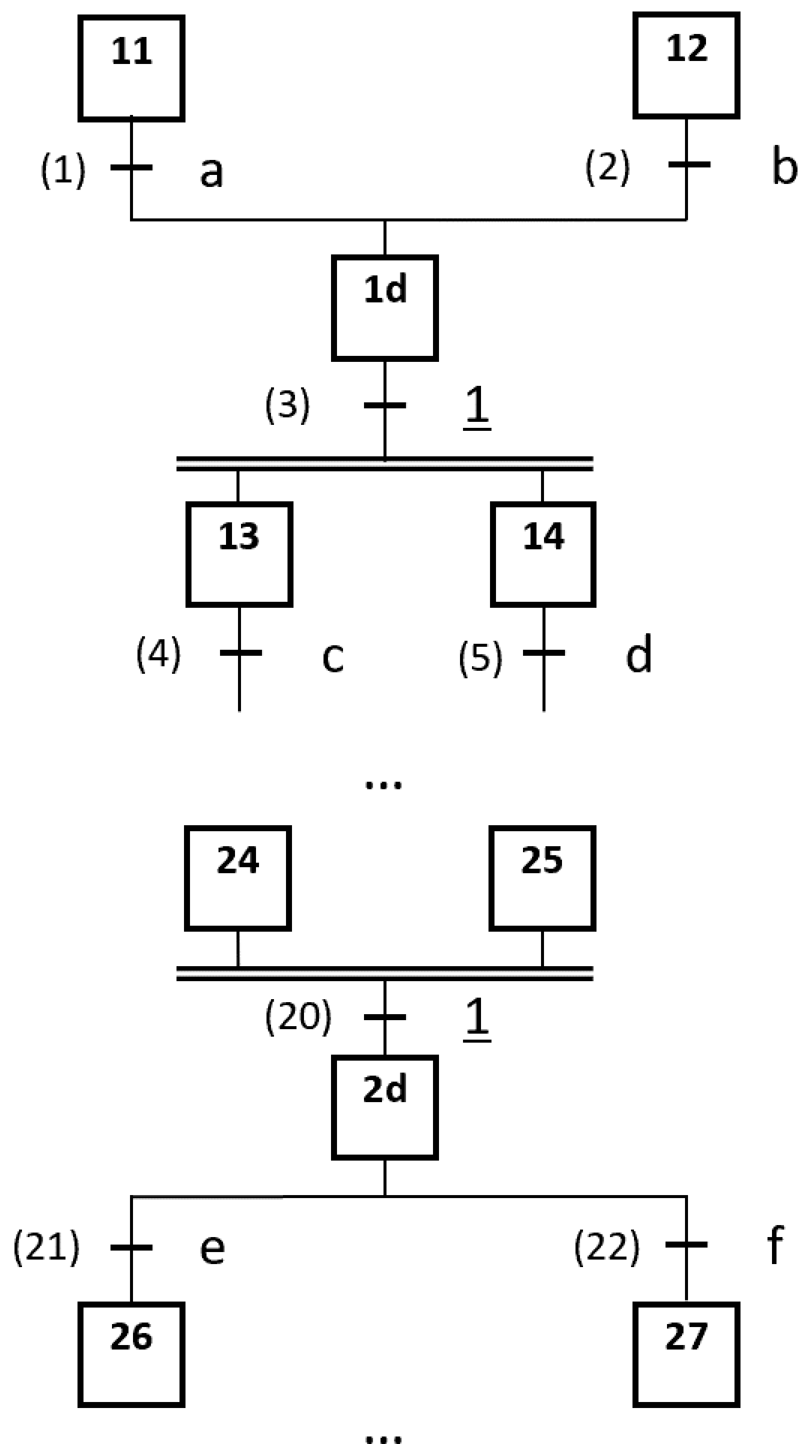
...

21. irudia: EDO eta ETA segidan gaizki



...

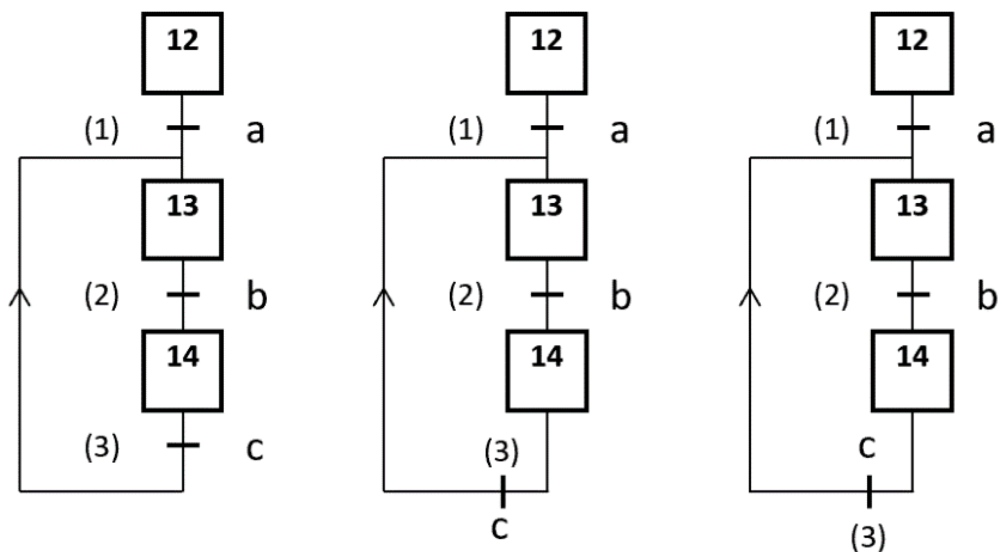
22. Irudia: sekuentzia paraleloen ondoren sekuentzia aukeraketa



23. Irudia: egituren konbinazioa 1d eta 2d dummy etapak erabiliz

Bestelako egituren adibideak

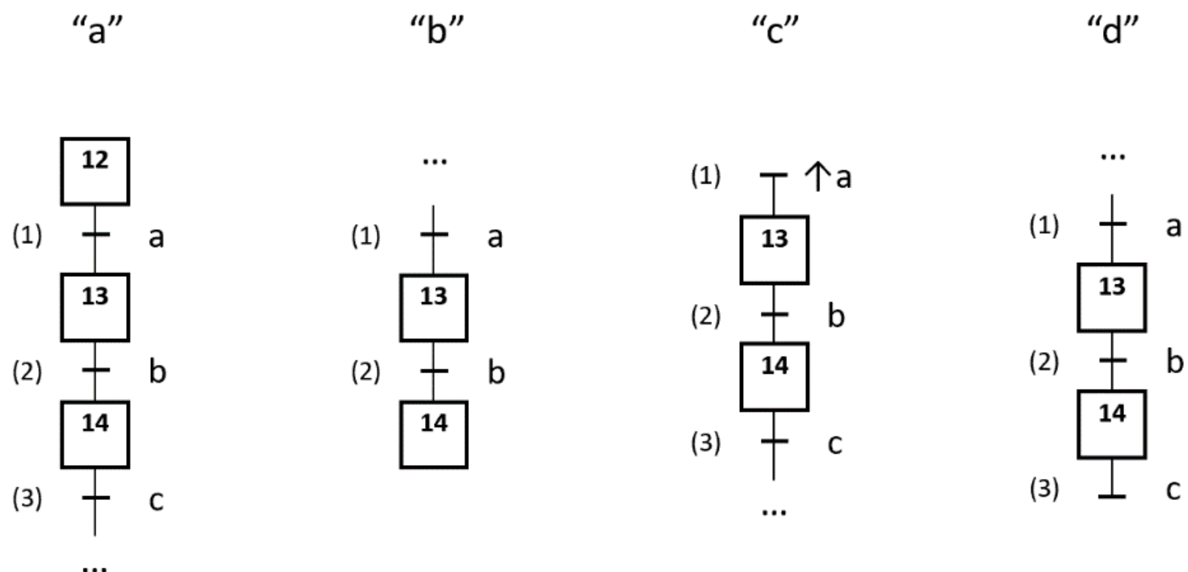
Aipatu den bezala, egitura gehiago aipatzen ditu arauak eta guztien adibideak daude. Etapa jauzia (15. Irudia) eta sekuentzia barruko atzerako jauzia (19. Irudia) agertu zaizkigu jada eta ez digute zailtasun gehigarririk eskaintzen diseinuari edo inplementazioari begira. Zerbait aipatzeagatik, atzerako jauzietan trantsizioaren sinboloa bertikalki marrazteko aukera dago (ikus 24. Irudia). Horrelako kasuetan, trantsizio baldintza adibide batzuetan gainean ageri da eta beste batzuetan azpian, beraz, biak erabil daitezkeela ulertzen da.



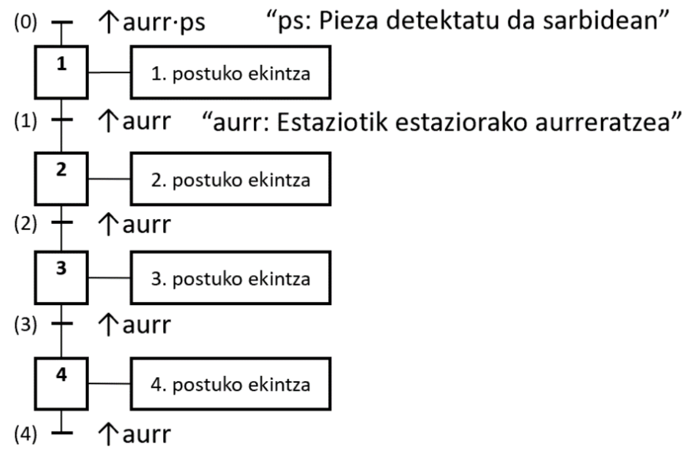
24. Irudia: atzerako jauzien notazio ezberdinak

Iturburu (25. Irudian "a") eta hustubide etapak (25. Irudian "b") naturalak egiten zaizkigu ere, baina iturburu (25. Irudian "c") eta hustubide (25. Irudian "d") trantsizioak bereziagoak dira. Iturburu etapa batera ez garenez inoiz bueltatuko, lau baldintzetatik bat gutxienez bete behar da: Hasierako etapa izatea, hierarkikoki handiagoa den beste grafcet diagrama batetik aktibatu daitekeen grafcet diagrama partzial bateko etapa izatea, makro-etapa baten espantsioaren sarrera etapa izatea edo aurrerago azalduko den kapsulazio baten parte izatea. Hustubide etapekin alderantziz gertatzen da: ez dira inoiz desaktibatuko, aktibatu eta gero, ez badira beste grafcet batetik behartzen, ez badira makro-etapa baten espantsioaren irteera edo kapsulazio baten parte.

Trantsizioekin hasi edo bukatzea arraroagoa da. Iturburu trantsizioa denean, arauak behartzen du saihets funtzioa erabiltzea, iturburu trantsizio bat beti dagoelako gaituta eta, baldintza saihetsekoa ez bada, modu jarraituan aktibatuko litzateke ondorengo etapa. Hustubide trantsizioekin, aldiz, alderantziz gertatzen da, sekuentziako azken etapa desaktibatzen duelako. Kasu horretan ez dago baldintza berezirik, besterik gabe, aurreko etapa hori desaktibatuko da.



25. Irudia: egitura bereziak



26. Irudia: desplazamendu erregistroa izeneko adibidea

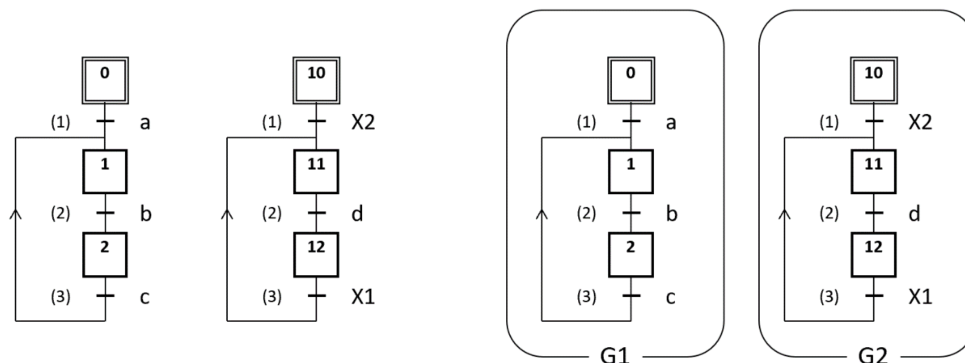
Kasu bereziekin amaitzeko, estandarraren dokumentazioak "desplazamendu erregistroa" izena ematen dio bere adibide interesgarri bati, iturburu eta hustubide trantsizioak erabiltzen duena. Adibidearen moldaketa bat, euskaratua, 26. Irudian ikus daiteke.

10. Grafcet diagrama anitz antolatzeko tresnak

Sistemen konplexutasuna handitu heinean, grafcet diagramak konplikatu daitezke eta, beste hizkuntza batzuetan bezala, konplexutasun hori antolatzeko tresnak eskaintzen dizkigu GRAFCETak.

Hasteko, grafcet diagrama konektatu bat zer den definitzen du: etapa eta trantsizio guztiak elkarri nolabait lotuta duen diagrama. Grafcet konektatu bat edo gehiagok grafcet diagrama handiago baten grafcet partzialak osatu ditzakete (27. Irudian ezkerraldean). Grafcet partzial batek bere izendapena du, G letraz hasiko dena, eta sistema osoaren grafcet diagramaren parte bat adieraziko du (27. Irudian eskuinaldean). Beraz, hortxe dugu GRAFCETek eskaintzen duen lehenengo tresna konplexutasuna lantzeko: grafcet handi bakar bat izan ordez, grafcet partzial ugari izatea. Grafcet konektatu bat baino gehiago, grafcet partzial bat baino gehiago, biak antzerako aukerak dira funtzionamenduaren aldetik, baina grafcet partzialek antolaketa hierarkikoa sortzen laguntzen dute eta grafcet partzial nagusi batetik beste grafcet bat behartzeko aukera eskaintzen du.

Grafceta "zatitu eta irabazi" egiteko aukera honek behartze aginduak eta kapsulazioak sortzeko aukera eskaintzen digute. Horretaz gain, antzerako teknika aplikatzen duen makro-etaparen teknika ere erabil dezakegu. Hiru teknika horiek jarraian azalduko ditugu.

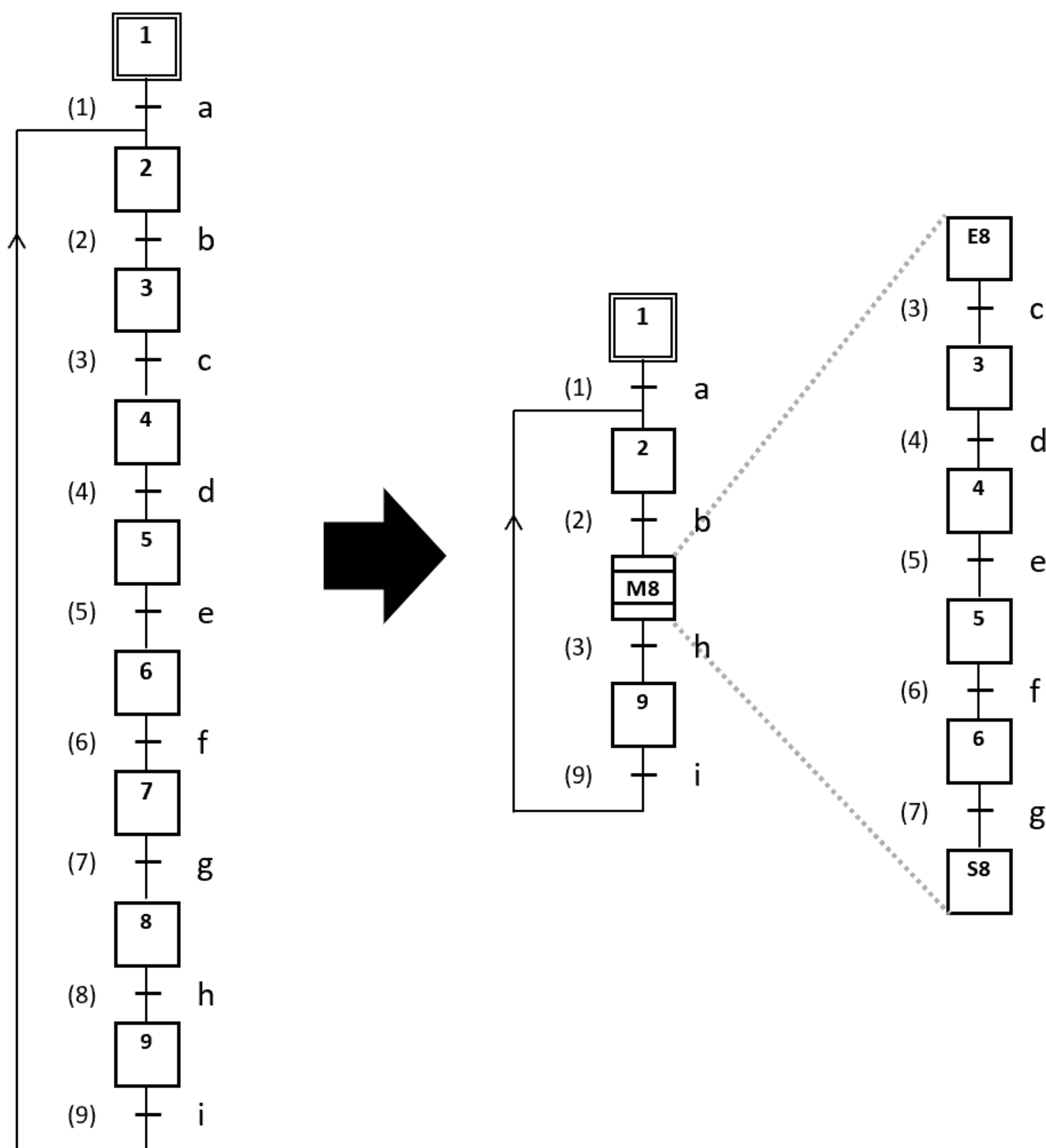


27. Irudia: bi grafcet konektatu eta bi grafcet partzial

Makro-etapak

Makro-etapak adierazteko sinboloak aipatu ditugu, baina ez dugu bere erabilera azaldu oraindik. Makro-etapak grafcet diagrama jakin bat sinplifikatzeko tresnak dira. Sinple esanda, sekuentzia batetik etapa multzo bat “ateratzeko” teknika da. Teknika honek diagramaren argitasunean lagundu dezake, baina, programazioan erabili ohi diren funtzioekin konparatuta, askoz mugatuagoak dira, ezin direlako berrerabili. Adibide bezala, 28. Irudiko M8 etapatik dagokion “makro-etaparen espantsioa” izena duen grafcet partzialera jauzi egingo dugu, zehazki E8 etapa aktibatuz. S8ra heltzerakoan, M8ren ondorengo trantsizioak gaituta egongo dira, grafcet nagusira jauziz bueltan, baina ezin dugu makro-etapa horren garapena berrerabili beste etapa batean, M8 etapari esleituta dagoelako esklusiboki.

Muga horrekin ere, tresna boteretsua da makro-etapa, 28. Irudiko adibidean ikus daitekeen bezala. Makro-etapen interpretazioa intuitiboa da, baina argitu behar da, bereziki inplementazioari begira, M8 etaparen aktibazioak automatikoki E8 etaparen aktibazioa dakarrela eta, amaieran, S8 etaparen aktibazioak M8 etaparen ondorengo trantsizioen gaitzea dakarrela. Horrek esan nahi du M8 etaparen ondorengo trantsizioak bereziak direla eta ezin direla beste trantsizioak bezala inplementatu: M8k gaitu ordez, S8k gaitzen ditu.



28. Irudia: sekuentzia arruntetik makro-etaparako moldaketa

Kapsulazioak

Kapsulazioak termino aldetik pittin bat nahasgarriak dira, gaztelaniako itzulpenean behintzat, ez duelako oso ondo bereizten jatorrizko etapa (kapsulatze etapa) eta berari lotutako grafcet partzialak (kapsulazioaren grafcetak). Hori ahaztu egiten badugu, kontzeptua argia da: kapsulatze etapa berezi hori aktibatzen denean, automatikoki gaituko dira berak kapsulatzen dituen grafcet partzial guztiak.

Grafcet horiek, arraroa bada ere, * batez adierazitako aktibazio estekatik abiatuko dira (ikus 29. Irudia). Horren arrazoia da hasierako etapetatik bereizi nahi dela. Grafcet partzialek, makro-etapen espantsioek eta kapsulazioaren grafcetek hasierako etapak izan ditzakete beraien baitan, horrek esan nahi duenarekin: etapa horiek hasierako egoeraren parte izango dira. Noski, beste kasu batzuetan aipatu dugun bezala, oso tentuz erabili beharreko ezaugarria da eta, orokorrean, grafcet kapsulatu eta makro-etapen espantsioetan ez ditugu hasierako etapak izango. Salbuespena da kapsulatze etapa hasierako etapa ere denean: orduan grafcet kapsulatu guztietan hasierako etapa jarri beharko dugu, gehienetan aktibazio esteka izango duten berdinak izango direnak. Ez da derrigorrezkoa, baina ohikoena litzateke.

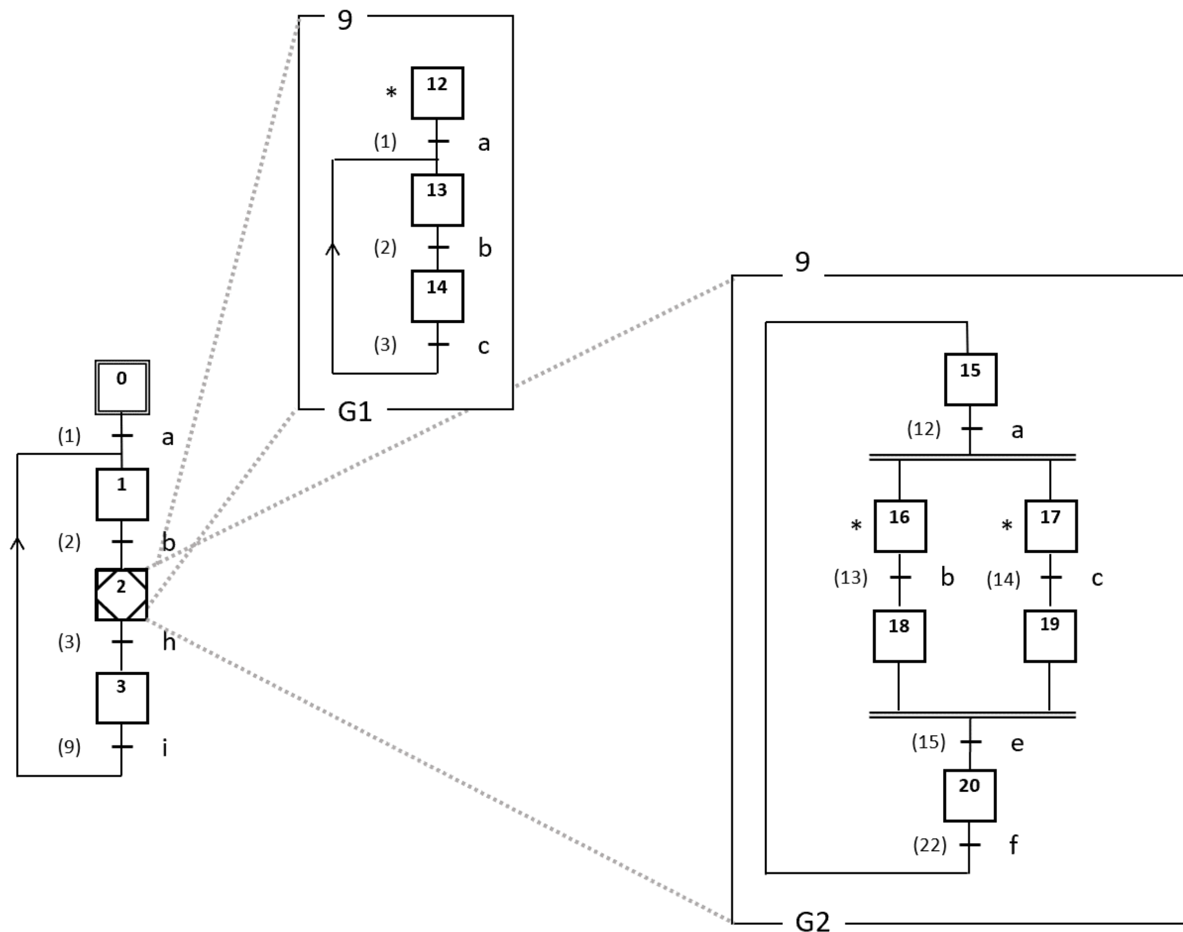
Estandarraren xehetasunak jasotzearren, kapsulatze grafcetak laukizuzen batez inguratu behar dira eta behean bere grafcet partzial izena jarri (G*). Goiko aldean, kapsulatze etaparen izena jarriko dugu. X*/G# grafcet kapsulatuaren adierazlea izango da. X*/X#, aldiz, * etaparen kapsulatze barruko # etapa izendatzen du (adibidez, X2/X12 aldagaia aktibo egongo da G1eko 12 etapa aktibo dagoenean). Aktibazio estekaren ideiara itzuliz, 29. Irudiko adibidean, X2/G1 grafceta 12 etapatik abiatuko da eta X2/G2 grafceta 16 eta 17 etapetatik.

Kapsulazioan, makro-etapekin bezala, grafcet partzialak estuki lotuta daude jatorrizko etaparekin eta ezin ditugu berrerabili. Kapsulatze etapa batek grafcet partzial kapsulatu asko izan ditzake eta kapsulatze etapa aktibo dagoenean grafcet horiek aktibo egongo dira, hau da, gutxienez etapa bat aktibo izango dute. Jatorrizko etapa desaktibatzean, grafcet partzial horiek ez-aktibo bihurtuko dira, hau da, bere etapa guztiak ez-aktibo bihurtuko dira.

Praktika onak pittin bat zailtzen dira kapsulazioarekin. Kapsulatze etapa aktibo dagoenean, bere ondorengo trantsizioak gaituta daude eta beraien trantsizio baldintza egiazko bihurtzeak grafcet partzial askotan aktibo dauden hainbat etapa bat-batean desaktibatzeko agindua gertatuko da. Oso, oso kontuz ezarri beharko da kapsulatze etapa baten ondorengo trantsizioa, grafcet kapsulatuekin primeran sinkronizatuz.

Edozein kasutan, horrek ez du esan nahi erabili behar ez denik, inola ere! Kontuz ibiltzeko ardura grafcet sinpleenean ere izan behar dugu. Argi dagoen bezala, grafcet konektatu ugarirekin, makro-etapekin, kapsulazioa erabiliz eta grafcet partzialen behartzearekin antzerako diseinuak sor ditzakegu, bakoitzak duen onurak erabiliz edo deserosoak egiten zaizkigun ezaugarriak saihestuz. Diseinatzaileak askatasun osoa du egituratzeko tresna aukeratzeko edo dena grafcet bakarrean planteatzeko ere bai.

Kapsulazioaren ideia grafcet konplexua modu hierarkikoan antolatzea da. Grafcet nagusian GEMMA gidaren tankerako diagrama osatzeko aukera dugu eta sistemaren funtzionamendu moduen arteko trantsizioak antolatu. Behin hori eginda, grafcet nagusiko etapa bakoitza kapsulatze etapa bihurtuko zen eta bere grafcet kapsulatuan dagokion modua landu. Grafcet horietan funtzionamendu modua aldatzeko beharra detektatuko bagenu (adibidez, errore bat modu automatikoan), egoera hori ebatzi beharko genuke (adibidez, hustubide etapa batera eramanda diagrama) eta trantsizioa bideratu (adibidez, hustubide etapa horren adierazlea erabili dezakegu zuenean grafcet nagusiko trantsizioan, makro-etapa batekin egingo genukeen bezala, baina malgutasun handiagoaz.

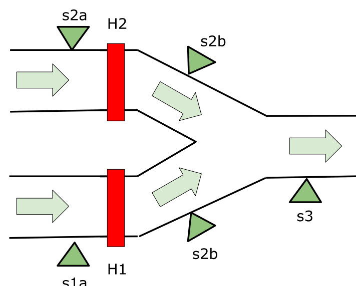


29. Irudia: kapsulazio adibidea

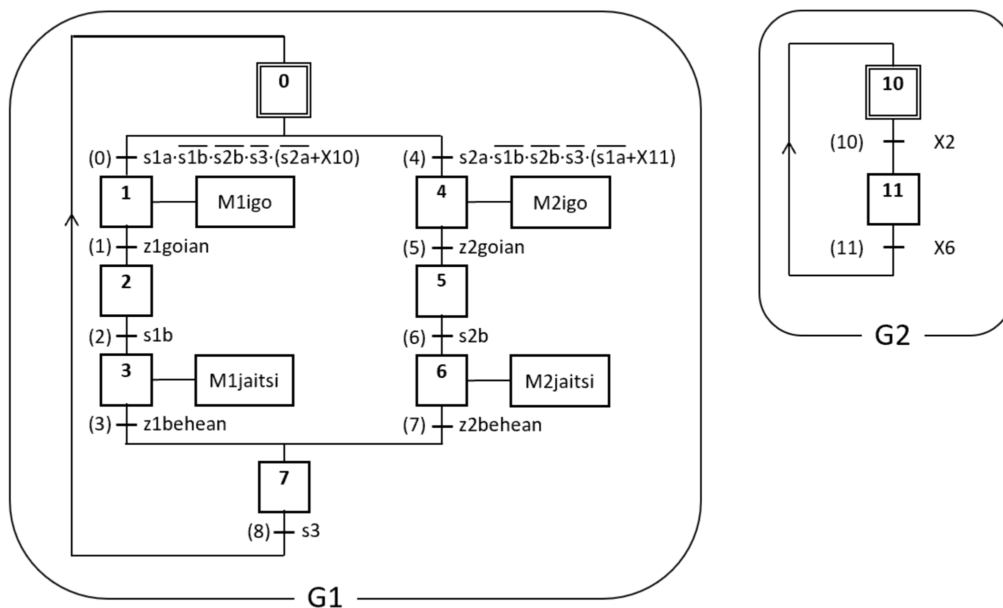
Grafcet partzialen behartzea

Makro-etapak eta kapsulazioa erabili gabe, grafcet partzialekin soilik lan egiteko aukera ere badugu. Horretarako ez dugu ezer berezirik egin behar: grafcet partzial baten uneko egoera erabili dezakegu beste grafcet partzial baten trantsizioetan, bi grafcet horien arteko komunikazioa posible egiteko.

31. irudiko grafceta Automatismoak eta Kontrola irakasgaian proposatzen den ariketa bat da, bi solairuko garaje baten atearen kontrolarena (30. Irudia). Ibilgailu bat hesiaren aurrera heltzen denean (s1a ala s2a) hesia zabaltzeko eskaera egingo da. Hesia zabalduko da autorik irteera bideetan ez bada detektatzen (hiru sentsore ditugu horretarako, s1b eta s2b bide bakoitzean eta s3 amaierako bide amankomunean). Bi eskaera batera badaude, prioritatea txandakatuz joango gara G2 grafcet partzialaren bitartez. Behin eskaera onartua denean, dagokion langa irekiko da.

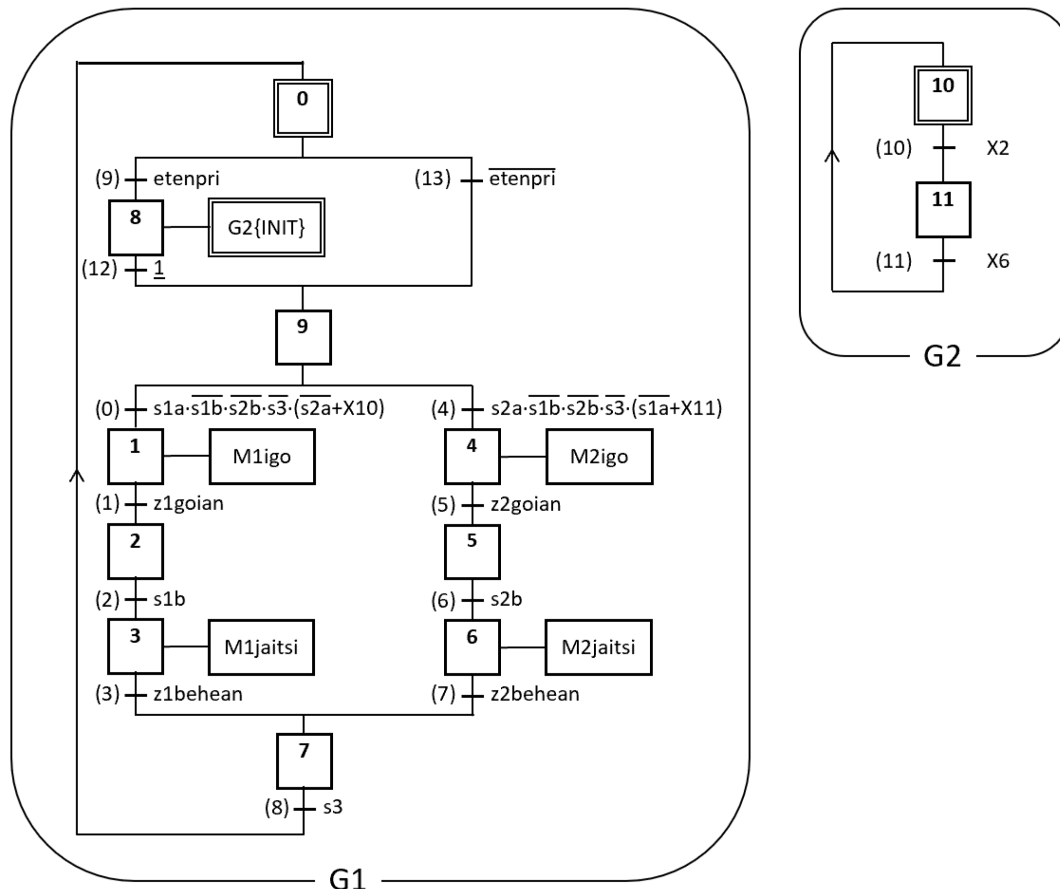


30. Irudia: Bi solairuko parkingaren irteeraren eskema



31. Irudia: bi grafcet partzialez osatutako grafcet diagrama

Ohituta dagoen erabiltzailea konturatuko zen ez zela beharrezkoa grafcet partzialak izendatzea adibide honetan. Bi grafcet konektatuk grafcet oso bat sor dezakete eta funtzionamendua berdina litzateke. Diferentzia nagusia, antolatzeko tresna bezala ikusteaz haratago, grafcet partzialek aukera ematen dutela behartze aginduak erabiltzeko. Adibidez, etengailu jakin bat aktibatuta dagoenean, G1 diagramatik G2 grafceta izozteko aukera izango genuke, prioritatea ez txandakatzeko.



32. Irudia: bi solairuko parkingaren ariketa prioritate etengailuarekin

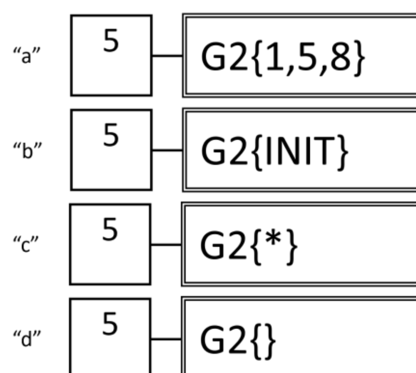
Bertsio honetan gehitu den 8 etapan G2{INIT} behartzea egiten da. Hau egiterakoan, G2 grafcet partziala aldatzen da eta 10 etapa aktibatzen da, 11 desaktibatuz. Etengailua itxita dagoen ziklo guztietan hau gertatuko denez, prioritatea beti 1. solairuak izango du. Etengailua irekitzean, aldiz, 31. Irudiko prioritate txandakatura bueltatuko ginateke.

Azkeneko tresna honekin alderantziz ari gara, adibidea azalpenaren aurretik jartzen. Arauak bere egituraketa atalean hainbat notazio eta aldagai definitzen ditu grafcet partzialetarako. Kapsulatuekin gertatzen den bezala, G* motako izenak erabiliko ditugu grafcet partzialak izendatzeko. XG* aldagaiak, aldiz, grafcet horren egoera adierazten du: egiazkoa izango da etaparen bat aktibo badu eta faltsua bestela.

Horretaz gain, grafcetaren egoera islatzen duen aldagaia era badugu, G#{…} sinboloarekin adieraziko dena. Giltzen artean aktibo dauden etapen izenak zerrendatuko ditugu. 32. Irudian ikus daitekeen bezala, notazio hori erabiltzen da ere behartze aginduetan. Behartze aginduak lau aukera ezberdin eskaintzen ditu (ikus 33. Irudia):

a) G2 grafcet partziala egoera jakin batera behartzea 5 etapa aktibo dagoen bitartean.
b) G2 grafcet partziala hasierako egoerara behartzea 5 etapa aktibo dagoen bitartean.
c) G2 grafcet partziala uneko egoeran izoztea 5 etapa aktibo dagoen bitartean.
d) G2 grafcet partzialeko etapa guztiak ez-aktibo bihurtzea.

Garrantzitsua da kontuan hartzea behartze agindu hauek ekintza jarraituen portaera berdina dutela, hau da, dagokien etapa aktibo dagoen bitartean behartze hori mantenduko dela, eboluzio arau naturalak beteko ez direlarik. Hau inplementazioan garrantzitsua da, trantsizioen zeharkatzea ez delako gertatu behar horrelako etapetan.



33. Irudia: behartze aginduen aukerak

11. Arauaren ondorioak eta azken oharrak

Arauaren dokumentua hainbat adibide ditu eranskin gisa eta, amaieran, hausnarketa batzuk SFCaren eta inplementazioaren inguruan. Azpimarratu behar da GRAFCET arauak ez duela inplementazioa behartu nahi eta ez duela lotu nahi SFCrekin eta PLCekin orokorrean. Teknologiaren mendeko ez izateko garatu den hizkuntza da GRAFCET. Itzulpen bt egingo balute SFCra edo LDra, teknologikoki PLCei moldatu beharko luke arauak eta horretatik ihes egin nahi dute. Hori bai, proposatu dute, etorkizunerako, grafcet diagramen testu adierazpen bat sortzea, grafcetaren diseinutik abiatuta inplementazio automatikoak egin ahal izateko. Nolabait esateko, ez dira busti nahi, baina interesgarri iruditzen zaie inplementazioa sistematikoa izatea gutxienez.

12. Erreferentziak

BALCELLS, Josep y ROMERAL, José Luís. Autómatas programables. Ed. Marcombo (2009).

CAMBLONG, Haritza, BARROSO, Nora eta EZEIZA, Aitzol. Automatismoak eta kontrola. UEU eta Elhuyar (2014).

UNE EN 60848:2022 Lenguaje de especificación GRAFCET para diagramas funcionales de secuencia. AENOR (2022). Online eskuragarri UPV/EHUko komunitatearentzat hemen: https://portal-aenormas-aenor-com.ehu.idm.oclc.org/aenor/Suscripciones/Personal/pagina_per_sus.asp

IEC 60858:2013 Langage de spécification GRAFCET pour diagrammes fonctionnels en séquence. International Electrotechnical Comission (2013).

IEC 60858:2013 GRAFCET specification language for sequential function charts. International Electrotechnical Comission (2013).

UNE EN 60617-12:1999. Símbolos gráficos para esquemas. Parte 12: Elementos lógicos binarios. AENOR (1999). Online eskuragarri UPV/EHUko komunitatearentzat hemen: https://portal-aenormas-aenor-com.ehu.idm.oclc.org/aenor/Suscripciones/Personal/pagina_per_sus.asp

Euskaltzaindia. Hitz elkartuen osaera eta idazkera. (1995). Online eskuragarri hemen: https://www.euskaltzaindia.eus/index.php?option=com_ebe&view=bilaketa&Itemid=1161&task=bilaketa&id=778